DONELLA H. MEADOWS

sistemlerle düşünmek

BAŞLARKEN

PEGEM AKADEMİ

Donella H. MEADOWS
Çeviri Editörleri: Kübra BOLAY ÖZEMRE - Emre GÖKTEPE

SİSTEMLERLE DÜŞÜNMEK

ISBN 978-625-7582-35-3
DOI 10.14527/9786257582353

Kitabın orijinal adı: Thinking in Systems: A Primer
Baskı sayısı: 1. Baskı
ISBN: 978-1-603-58055-7
Chelsea Green Publishing Company

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

© 2021, PEGEM AKADEMİ

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Pegem Akademi Yay. Eğt. Dan. Hizm. Tic. AŞ'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Bu kitap T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır. Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayınevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

Pegem Akademi Yayıncılık, 1998 yılından bugüne uluslararası düzeyde düzenli faaliyet yürüten **uluslararası akademik bir yayınevi**dir. Yayımladığı kitaplar; Yükseköğretim Kurulunca tanınan yükseköğretim kurumlarının kataloglarında yer almaktadır. Dünyadaki en büyük çevrimiçi kamu erişim kataloğu olan **WorldCat** ve ayrıca Türkiye'de kurulan **Turcademy.com** tarafından yayınları taranmaktadır, indekslenmektedir. Aynı alanda farklı yazarlara ait 1000'in üzerinde yayını bulunmaktadır. Pegem Akademi Yayınları ile ilgili detaylı bilgilere http://pegem.net adresinden ulaşılabilmektedir.

1. Baskı: Aralık 2021, Ankara

Yayın-Proje: Nisanur Uzunlu
Dizgi-Grafik Tasarım: Tuğba Kaplan
Kapak Tasarım: Rekmar Reklamcılık Ticaret A.Ş.

Baskı: Ay-bay Kırtasiye İnşaat Gıda Pazarlama ve Ticaret Limited Şirketi
Çetin Emeç Bulvarı 1314. Cadde No: 37A-B
Çankaya/Ankara
0312 472 58 55

Yayıncı Sertifika No: 51818
Matbaa Sertifika No: 46661

İletişim

Macun Mah. 204. Cad. No: 141/A-33
Yenimahalle/ANKARA
Yayınevi: 0312 430 67 50
Dağıtım: 0312 434 54 24
Hazırlık Kursları: 0312 419 05 60
İnternet: www.pegem.net
E-ileti: pegem@pegem.net
WhatsApp Hattı: 0538 594 92 40

Bu çalışmanın bir bölümü, ilk olarak *Coevolution Quarterly* (Yaz 1982) dergisinde "Whole Earth Models and Systems" başlığı altında yayımlanan bir yazıdan uyarlanmıştır. Bölüm 6'nın erken bir sürümü, *Whole Earth Review* (Kış 1997) dergisinde "Places to Intervene in a System" adı ile çıkmış ve daha sonra genişletilmiş bir yazı olarak Sustainability Institute tarafından yayımlanmıştır. Bölüm 7 "Sistemler Dünyasında Yaşamak" ilk olarak *Whole Earth Review* (Yaz 2001) dergisinde "Dancing with Systems" adı ile yayımlanmıştır.

DANA İÇİN
(1941-2001)

ve ondan öğrenecek herkes için

Editörün Teşekkürü

Bu kitabın canlandırılması için pek çok kişi yardımcı oldu. Özgün yapıtında Donella (Dana) Meadows; Balaton Group, Kassel'da Environmental Systems Analysis Group'a, Dartmouth'da Environmental Studies Program'e, Ian ve Margo Baldwin'e ve Chelsea Green Publishing'e, Hartmut ve Rike Bossel'a, High Performance Systems'a (şimdiki adıyla *isee systems*) ve pek çok okuyucu ve yorumcuya özellikle teşekkürlerini sundu. Ayrıca genişletilmiş "çiflik ailesi"nin; Plainfield, New Hampshire'daki organik çiftliğinde yıllar boyunca yaşamış ve çalışmış kişilerin rolünü belirtmişti.

Ölümünden sonra Dana'nın yapıtını baskıya hazırlayan editör olarak daha çok teşekkür eklemek istiyorum: Sustainability Institute'nun yönetim kurulu ve çalışanları yanında, Ann ve Hans Zulliger ve The Foundation for the Third Millennium, bu projeye destek ve coşku ile katkıda bulundular. Pek çok danışman ve değerlendirici yazılanları ve modelleri gözden geçirdi ve bu kitabı dünyaya nasıl yararlı kılabileceğimi düşünmeme yardımcı oldu: Hartmut Bossel, Tom Fiddaman, Chris Soderquist, Phil Rice, Dennis Meadows, Beth Sawin, Helen Whybrow, Jim Schley, Peter Stein, Bert Cohen, Hunter Lovins ve Presidio Yönetim Okulundaki öğrenciler. Chelsea Green Publishing'deki tüm ekip karmaşık yapıtı ustalıkla açık bir kitaba dönüştürdüler. Ana gezegenimizin daha iyi koruyucuları olmamıza yardım eden çalışmaları için hepsine teşekkür ediyorum.

Ve son olarak Dana Meadows'a, kendisinden ve bu kitabı düzenlerken tüm öğrendiklerim için teşekkür ediyorum.

YAZARDAN BİR NOT

Bu kitap, çoğu başlangıçta MIT System Dynamics grubunda olan veya gruptan etkilenmiş onlarca yaratıcı kişinin yürüttüğü sistem modellemesi ve öğretiminin otuz yıllık bilgeliğinden süzülmüştür. Aralarında en önde gelen, grubun kurucusu Jay Forrester'dır. Jay'e ek olarak özel öğretmenlerim (ve öğretmenlerime dönüşen öğrencilerim) Ed Roberts, Jack Pugh, Dennis Meadows, Hartmut Bossel, Barry Richmond, Peter Senge, John Sterman ve Peter Allen oldular. Ancak buraya geniş bir aydın topluluğunun dilinden, düşüncesinden, örneklerinden, sözlerinden, kitaplarından ve bilgisinden yararlanarak geldim. Tüm üyelerine takdir ve şükranımı ifade ediyorum.

Ayrıca çeşitli disiplinlerin düşünürlerinden de yararlandım. Bildiğim kadarıyla onlar, bir sistemin benzetimi için hiçbir zaman bir bilgisayar kullanmamış doğal sistem düşünürleridirler. Bu sistem düşünürleri; Gregory Bateson, Kenneth Boulding, Herman Daly, Albert Einstein, Garrett Hardin, Václav Havel, Lewis Mumford, Gunnar Myrdal, E.F. Schumacher gibi isimleri ve bir grup çağdaş kurum yöneticisini ve Amerikan yerlilerinden Ortadoğu'nun Sufilerine kadar pek çok antik bilgelik kaynağını kapsıyor. Beş benzemez gibi görünüyor olsa da sistem düşüncesi disiplinlerin ve kültürlerin ötesine geçer ve doğru uygulandığında tarihi de kapsar.

"Ötesine geçme" derken bölünmüşlükten de söz etmeliyim. Sistem analizcileri kapsayıcı kavramlar kullanırlar ancak bütünüyle insan kişiliklerine sahiptirler. Bunun anlamı, birbiri ile geçinemeyen pek çok sistem düşüncesi okulu kurmuş olmalarıdır. Ben burada, öğrenimini görmüş olduğum okul olan, sistem dinamiklerinin dilini ve simgelerini kullandım. Ve yalnızca sistem teorisinin çekirdeğini sergiledim, alanın en ileri çalışmalarını değil. Aşırı soyut teorilerle ilgilenmiyorum ve ancak gerçek sorunları çözmeye nasıl yardımcı olduğunu görebildiğimde analizle ilgileniyorum. Sistem teorisinin soyut ucu bunu yaptığında, ki bir gün bunun olacağına inanıyorum, bir başka kitabın yazılması gerekecek.

Bu nedenle bu kitabın, tüm diğer kitaplar gibi, yanlı ve eksik olduğunu bilmelisiniz. Sistem düşüncesi ile ilgili, ilgilenirseniz araştırıp bulacağınız, burada sunulandan çok daha fazlası var. Amaçlarımdan biri ilgilenmenizi sağlamak. Amaçlarımdan bir diğeri, esas olanı; sistemlerle ilgili alacağınız eğitim bu kitapla başlayıp bitecek bile olsa, karmaşık sistemleri anlamak ve onlarla uğraşmak için size temel beceri kazandırmaktır.

DONELLA MEADOWS, 1993

EDİTÖRDEN BİR NOT

1993 yılında Donella (Dana) Meadows elinizde bulunan kitabın bir taslağını tamamladı. Yapıt o zaman basılmadı ancak yıllarca elden ele dolaştı. Dana 2001 yılında, bu kitabı bitiremeden hiç beklenmedik biçimde öldü. Ölümünü izleyen yıllar boyunca, yazdıklarının geniş bir okuyucu topluluğuna yararlı olmayı sürdürdüğü açıkça görüldü. Dana bir bilim insanı ve yazardı ve sistem modellemesi dünyasının en iyi iletişimcilerinden biriydi.

1972 yılında Dana, *The Limits to Growth (Büyümenin Sınırları)* adlı çok satan ve çok çevrilen kitabın baş yazarıydı. Onun ve diğer yazar arkadaşlarının o zamanlarda yaptıkları uyarıların, sürdürülemeyen davranış kalıplarının denetimsiz kaldıklarında dünyayı nasıl kasıp kavuracakları ile ilgili en doğru uyarılar olduğu bugün fark edilmiştir. Kitap; nüfusun ve tüketimin sürekli büyümesinin ekosistemlere ve sosyal sistemlere aşırı zarar verebileceği ve sınırsız ekonomik büyümenin pek çok yerel, bölgesel ve küresel sistemi er geç bozabileceği yönünde gözlemleri ile, tüm dünyada gazetelerin birinci sayfalarında yer almıştır. Kitabın ve güncellemelerinin bulguları; petrol üretiminin doruk noktasına geldiğimiz, iklim değişikliği gerçeklikleri ile yüzleştiğimiz ve fiziksel büyümenin yıkıcı sonuçları ile uğraşan 6,6 milyar kişilik bir dünyayı izlediğimiz bugünlerde bir kez daha ön sayfalarda yerini almaktadır.

Özetle Dana, tuttuğumuz yolu düzeltmek için dünyaya ve onun sistemlerine bakış açımızda büyük bir değişiklik yapmamız gerektiği düşüncesinin yerleşmesine yardımcı olmuştur. Bugün, sistem düşüncesinin; yüz yüze geldiğimiz pek çok çevresel, politik, sosyal ve ekonomik zorlukla başa çıkmak için önemli bir araç olduğu yaygın biçimde kabul edilmektedir. Büyük veya küçük olsun sistemler benzer biçimde davranabilirler ve bu biçimleri anlamak, pek çok düzeyde kalıcı değişiklik yapabilmek için yüksek olasılıkla en büyük umudumuzdur. Dana işte bu kavramı daha geniş bir okuyucu kitlesine ulaştırmak için bu kitabı yazıyordu ve bu nedenle, ben ve Sustainability Institute'daki çalışma arkadaşlarım yapıtının, ölümünden sonra yayımlanma zamanının geldiğine karar verdik.

Böyle bir kitap gerçekten dünyaya veya okuyucu olarak size yardımcı olur mu? Ben öyle düşünüyorum. Belki, bir kurumda çalışıyorsunuz (veya kurumun sahibisiniz) ve işinizin veya örgütünüzün, daha iyi bir dünyaya doğru değişimin nasıl parçası olabileceğini görmeye çalışıyorsunuz. Veya belki, iyi fikirlerinizin ve iyi niyetinizin diğerleri tarafından "geri çevrildiğini" gören bir karar vericisiniz. Belki de kurumunuzda veya topluluğunuzda bazı önemli sorunları düzeltmeye uğraşmış ancak çözümün peşinden gelen diğer zorluklarla karşılaşmış bir yöneticisiniz. Bir toplumun (veya ailenin) nasıl işlemesi, neye değer vermesi, neyi ko-

ruması gerektiği konularında değişiklikleri savunan biri olarak, yıllar süren gelişmenin ansızın ortaya çıkan birkaç tepki ile kolayca yok olduğunu görebilirsiniz. Gittikçe küreselleşen bir toplumun yurttaşı olarak, belki de olumlu ve kalıcı bir değişiklik yapmanın bu kadar zor olmasından düpedüz hayal kırıklığına uğramış bir kişisiniz.

Eğer öyleyse bu kitap yardımcı olabilir. "Sistem modelleme" ve "sistem düşüncesi" başlıklı pek çok kitap olmakla birlikte, sistemler ve bizimle ilgili, onları neden zaman zaman kafa karıştırıcı bulduğumuz, daha iyi yönetmeyi ve yeniden tasarlamayı nasıl daha iyi öğrenebileceğimiz konusunda, ulaşılabilir ve esin kaynağı olacak bir kitaba gereksinim açıkça sürmektedir.

Dana, *Sistemlerle Düşünmek* kitabını yazarken, *Limits to Growth (Büyümenin Sınırları)* kitabının 20. yıl güncellemesi olan *Beyond Limits (Sınırların Ötesi)* başlıklı kitabı yeni tamamlamıştı. Çevre ve korunması konusunda Pew Vakfı'ndan burslu bir araştırmacıydı, National Geographic Society'nin Araştırma ve Keşif Komitesi için çalışıyordu ve Dartmouth Üniversitesi'nde sistemler, çevre ve etik konularında ders veriyordu. Çalışması her bakımdan günlük olayların bütünüyle içindeydi. Bu olayları, genelikle karmaşık olan sistemlerin dışa vuran davranışları olarak anlardı.

Dana'nın özgün yapıtı üzerinde düzeltme yapılmış ve yeniden yapılandırılmış olsa da kitapta bulacağınız örneklerin pek çoğu 1993'deki ilk taslaktandır. Size biraz zamanı geçmiş gelebilir ancak çalışmasını düzenlerken onların kalmasını yeğledim çünkü öğretileri şimdi de o zaman olduğu kadar geçerli. 1990'ların başı Sovyetler Birliği'nin dağıldığı ve diğer sosyalist ülkelerde büyük değişikliklerin yaşandığı zamanlardı. Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması yeni imzalanmıştı. Irak ordusu Kuveyt'i ele geçirmiş ve petrol alanlarını ateşe vererek geri çekilmişti. Nelson Mandela cezaevinden salıverilmiş ve Güney Afrika'nın ırkçı yasaları yürürlükten kaldırılmıştı. İşçi önderi Lech Walesa Polonya'nın, şair Václav Havel Çekoslovakya'nın başkanı olarak seçilmişti. Hükûmetler arası İklim Değişikliği Paneli ilk değerlendirme raporunu yayımlamış ve "insan eylemleri sonucu oluşan emisyonların atmosferdeki sera gazlarının oranlarını önemli derecede yükselttiği ve bunun sera gazı etkisini artırarak Dünya'nın yüzeyinin fazladan ısınmasına yol açacağı" sonucuna varmıştı. BM Rio de Janeiro'da çevre ve kalkınma konusunda bir konferans düzenlemişti.

Dana, bu dönem boyunca toplantı ve konferanslar için yolculuk ederken International Herald Tribune okur ve bir tek hafta boyunca okuduklarından, daha iyi yönetilmesi veya bütünüyle yeniden tasarlanması gereken sistemlerle ilgili pek çok örnek bulurdu. Gazetelerde buluyordu çünkü onlar her gün her yerdeler. Gü-

nün olaylarını; eğilimlerin bir parçası ve o eğilimleri de altta yatan sistem yapısının belirtileri olarak görmeye başladığınızda, karmaşık sistemler dünyası ile başa çıkmak ve içinde yaşamak için yeni yollar düşünebilirsiniz. Dana'nın yapıtını yayımlayarak okuyucuların, çevrelerindeki sistemleri anlama ve onlarla ilgili konuşma ve olumlu değişim için eyleme geçme becerisini arttırmayı umuyorum.

Sistemler ve onlar ile ilgili nasıl düşündüğümüz konusunda bu küçük ve ulaşılabilir tanıtımın, çok karmaşık sistemlerden kaynaklanan davranışları hızla değiştirmenin gerektiği bir dünyada, kullanışlı bir kitap olacağını umuyorum. Bu, karmaşık bir dünya için ve onun ile ilgili basit bir kitaptır. Bu kitap daha iyi bir gelecek oluşturmak isteyenler içindir.

DIANA WRIGHT, 2008

"...bir fabrika yıkılır, ama onu üreten akılcılık bırakılırsa aynı akılcılık hemen başka bir fabrika üretecektir." Bir hükümet devrimle yerle bir edilir ancak o hükümeti üreten sistematik düşünce kalıpları sağlam kalırsa o düşünce kalıpları daha sonra ... kendilerini yineleyeceklerdir. Sistemler konusunda çok şey söylenmiştir. Ama bu konu, hemen hiç anlaşılmamıştır.

ROBERT PIRSIG, *Zen ve Motorsiklet Bakım Sanatı*

Bölümler ve Çevirenler

Editörler: *Kübra BOLAY ÖZEMRE - Emre GÖKTEPE*

Giriş: Sistem Merceği

Yeşim ALAM - Özel Güzelbahçe Piri Reis Okulları
ORCID No: 0000-0001-7201-6114

Bir: Temel Kavramlar

Dilara GÖKÇEN ÜNER - Düzce Üniversitesi
ORCID No: 0000-0001-8620-1097
Şebnem FERİVER - Sistem Düşüncesi Derneği
ORCID No: 0000-0002-4588-2196

İki: Sistem Bahçesine Kısa Bir Ziyaret

Aşkın ÖZDAĞOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi
ORCID No: 0000-0001-5299-0622
Güzin ÖZDAĞOĞLU - Dokuz Eylul Üniversitesi
ORCID No: 0000-0003-3055-3055

Üç: Sistemler Neden Bu Kadar İyi Çalışır?

Gökşen AKYOL KIZILKAYA - Işıkkent Eğitim Kampüsü
ORCID No: 0000-0002-5909-1598

Dört: Sistemler Bizi Neden Şaşırtır?

Hasret NUHOĞLU- Maltepe Üniversitesi
ORCID No: 0000-0002-9985-4203
İpek DEVECİ KOCAKOÇ - Dokuz Eylul Üniversitesi
ORCID No: 0000-0001-9155-8269

Beş: Sistem Tuzakları ve Fırsatları

Filiz GÜLER - Sistem Düşüncesi Derneği
ORCID No: 0000-0001-7078-5235
Ülkem YARARBAŞ - Ege Üniversitesi
ORCID No: 0000-0003-0000-5293

Altı: Kaldıraç Noktaları - Bir Sistemin Müdahale Yerleri
Emre GÖKTEPE - Sistem Düşüncesi Derneği
ORCID No: 0000-0001-5994-0206

Yedi: Kaldıraç Noktaları - Sistemler Dünyasında Yaşamak
Murat ÖZEMRE - Nautilica Dijital
ORCID No: 0000-0001-9899-686X

İÇİNDEKİLER

Editörün Teşekkürü v
Yazardan Bir Not vi
Editörden Bir Not vii
Bölümler ve Çevirenler xi

Giriş: Sistem Merceği 1
KISIM BİR 9
Sistemin Yapısı ve Davranışı 9
— BİR — 11
Temel Kavramlar 11
Parçaların Toplamından Çok Daha Fazlası 11
Oyuncuların Ardına, Oyunun Kurallarına Bak 12
Küvetler 101- Sistemin Zaman Boyunca Davranışının Anlaşılması 17
Sistem Nasıl Kendisini Çalıştırır: Geri Besleme 24
Stabilize Eden Döngüler - Dengeleyici Geri Besleme 25
Denetimsiz Döngüler - Pekiştirici Geri Besleme 29
— İKİ — 33
Sistem Bahçesine Kısa Bir Ziyaret 33
Tek Stoklu Sistemler 34
İki Rakip Dengeleyici Döngüye Sahip Bir Stok - Bir Termostat 34
Bir Pekiştirici ve Bir Dengeleyici Döngüsü Olan Bir Stok - Nüfus ve Endüstriyel Ekonomi 40
Gecikmeli Sistem - İşletme Envanteri 49
İki Stoklu Sistemler 56
Yenilenemez Bir Kaynak Tarafından Kısıtlanan Yenilenebilir Bir Kaynak - Petrol Ekonomisi 56
Yenilenebilir Kaynakla Kısıtlanan Yenilenebilir Kaynak - Balıkçılık Ekonomisi 64
KISIM İKİ 71
Sistemler ve Biz 71
— ÜÇ — 73
Sistemler Neden Bu Kadar İyi Çalışır? 73
Dayanıklılık 74
Öz Düzenleme 76
Hiyerarşi 79

— DÖRT — ... 83
Sistemler Bizi Neden Şaşırtır? ... 83
Ayartıcı Olaylar ... 85
Doğrusal Olmayan Bir Dünyada Doğrusal Düşünen Zihinler ... 88
Var Olmayan Sınırlar ... 92
Kısıtların Katmanları ... 97
Gecikmeler Her Yerde ... 100
Sınırlandırılmış Akılcılık ... 102
— BEŞ — ... 107
Sistem Tuzakları ve Fırsatları ... 107
Politika Direnci - Başarısız Olan Düzeltmeler ... 108
Ortak Kaynakların (Malların) Trajedisi ... 112
Düşük Performansa Sürüklenme ... 117
Tırmandırma ... 119
Başardıkça Gelen Başarı - Rekabetçi Dışlama ... 122
Yükü Müdahale Edene Kaydırma - Bağımlılık ... 126
Kural Çarpıtma ... 131
Yanlış Hedefi Kovalamak ... 133
KISIM ÜÇ ... 137
Değişim Yaratmak - Sistemlerde ve Felsefemizde ... 137
— ALTI — ... 139
Kaldıraç Noktaları - Bir Sistemin Müdahale Yerleri ... 139
12. Sayılar - Destekler, vergiler, standartlar gibi sabitler ve parametreler ... 141
11. Tamponlar - Stabilize eden stokların akışlarına göre büyüklükleri ... 143
10. Stok ve Akış Yapıları - Fiziksel sistemler ve onların kesişim noktaları ... 144
9. Gecikmeler - Geçen sürenin sistem değişim hızlarına göre uzunluğu ... 145
8. Dengeleyici Geri Besleme Döngüleri - Düzeltmeye çalıştıkları etkilere göre geri beslemelerin gücü ... 146
7. Pekiştirici Geri Besleme Döngüleri - Çalışan döngülerin artan gücü ... 148
6. Bilgi Akışları - Bilgiye kimin ulaşıp kimin ulaşamayacağının yapısı ... 149
5. Kurallar - Teşvikler, cezalar, kısıtlar ... 151

4. Öz Düzenleme - Sistem yapısında ekleme, değişiklik veya geliştirme yapma gücü ... 152
3. Hedefler - Sistemin amacı veya işlevi ... 153
2. Paradigmalar - Hedefleri, yapısı, kuralları, gecikmeleri, değişkenleri ile sistemin içinden çıktığı düşünce yapısı ... 155
1. Paradigmaların Ötesi ... 157
— YEDİ — ... 159
Sistemler Dünyasında Yaşamak ... 159
Sistemin Nabzını Tutun ... 163
Zihinsel Modellerinizi Gün Yüzüne Çıkarın ... 164
Bilgiye Değer Verin, Saygı Gösterin ve Bilgiyi Paylaşın ... 165
Dili Özenli Kullanın ve Sistem Kavramlarıyla Zenginleştirin ... 166
Dikkatinizi Önemli Olana Verin, Ölçülebilir Olana Değil ... 168
Geri Besleme Sistemleri İçin Geri Besleme Politikaları Oluşturun ... 169
Bütünün İyiliği İçin Çabalayın ... 170
Sistemin Bilgeliğini Dinleyin ... 170
Sistemde Sorumluluğun Nerede Olduğunu Belirleyin ... 171
Alçakgönüllü Olun - Öğrenci Kalın ... 172
Karmaşıklığı Kutsayın ... 173
Zaman Ufkunu Genişletin ... 174
Disiplinlere Meydan Okuyun ... 175
Özen Sınırlarınızı Genişletin ... 175
İyiliğin Aşınmasına İzin Vermeyin ... 176
Ekler ... 179
Sistem Tanımları: Bir Sözlük ... 179
Sistem İlkelerinin Özeti ... 180
Sistemler ... 180
Stoklar, Akışlar ve Dinamik Denge ... 180
Geri Besleme Döngüleri ... 181
Baskınlığın -diğer döngüye- Kayması, Gecikmeler ve Salınımlar ... 181
Senaryolar ve Modellerin Sınanması ... 181
Sistemlerin Kısıtları ... 181
Dayanıklılık, Öz Düzenleme ve Hiyerarşi ... 182
Sistem Sürprizlerinin Kaynakları ... 182
Düşünce Yapıları ve Modeller ... 182
Sistem Tuzaklarını Atlatmak ... 183

Politika Direnci 183
Ortak Kaynakların (Malların) Trajedisi 183
Düşük Performansa Sürüklenme 183
Tırmandırma 184
Başardıkça Gelen Başarı 184
Yükü Müdahale Edene Kaydırma 184
Kural Çarpıtma 185
Yanlış Hedefi Kovalamak 185
Bir Sistemin Müdahale Yerleri 185
Sistemler Dünyasında Yaşamak İçin Kılavuz İlkeler 186
Model Denklemleri 186
Bölüm Bir 187
Bölüm İki 188
Notlar 197
Sistem Kaynaklarının Kaynakçası 203
Sistem Düşüncesi ve İşletme 204
Sistem Düşüncesi ve Çevre 204

GİRİŞ

Sistem Merceği

> Yöneticiler, birbirinden bağımsız problemlerle değil, birbiriyle etkileşimli ve değişken problemlerin yarattığı karmaşık sistemlerden oluşan dinamik durumlarla karşı karşıya kalırlar. Ben bu tarz durumlara karmaşa diyorum… Yöneticiler problem çözmez; karmaşayı yönetirler.
>
> —RUSSELL ACKOFF,[1] Örgüt Teorisyeni

Sistemler hakkında verdiğim derslere başlarken, çoğu kez derse bir stres yayı getiririm. Çocukluğunda stres yayı ile oynamamış olanlarınız için; stres yayı aşağı yukarı yaylanabilen ve bu özelliğiyle bir elden diğerine yaylanarak aktarılabilen veya merdivenlerden aşağıya kendi kendine inebilen uzun, gevşek, sarmal bir yaydır.

Yayı, yukarı bakan avucumun üzerine koyarım. Diğer elimin parmakları ile yayın üst kısmını tutarım ve sonra alttaki elimi çekerim. Yukarıda parmaklarımdan asılı kalan yayın alt ucu aşağı düşer ve tekrar yukarı yaylanır ve yukarı aşağı yo-yo hareketi yapar.

Sonra öğrencilere "Stres yayının bu şekilde yaylanmasını sağlayan nedir?" diye sorarım.

"Eliniz. Elinizi çektiniz." diye cevap verirler.

O zaman oyuncağın kutusunu alıp aynı şekilde avucumun üzerine koyarım ve diğer elimle kutunun üst tarafını kavrarım. Olabildiğince abartılı bir hareketle alttaki elimi çekerim.

Hiçbir şey olmaz. Kutu öylece elimde asılı kalır.

"Şimdi bir kez daha… Stres yayının bu şekilde yaylanmasını sağlayan nedir?"

Cevap net bir şekilde yayın kendisindedir. Hareketi başlatan el, sarmalın yapısı içerisinde saklı olan bir davranışı bastırır veya ortaya çıkartır.

Bu, sistem teorisinin temel anlayışıdır.

Yapı ve davranış arasındaki ilişkiyi anladığımız zaman, sistemlerin nasıl çalıştığını, onların yetersiz sonuçlar üretmesine nelerin sebep olduğunu ve bunu daha iyi davranış örüntülerine nasıl dönüştürebileceğimizi anlamaya başlarız. Dünyamız hızla değişip daha karmaşık bir hale dönüşürken, sistem düşüncesi önümüzdeki geniş seçenekleri yönetmemize, uyarlamamıza ve görmemize yardımcı olacaktır. Sistem düşüncesi bize problemlerin kök nedenlerini tespit etme ve yeni fırsatları görebilme özgürlüğü sunan bir düşünme şeklidir.

Öyleyse sistem nedir? Sistem, birbirleriyle zaman boyunca kendi davranış örüntülerini üretecek biçimde bağlantılı olan parçaların –insanlar, hücreler, moleküller gibi– bir bütünüdür. Sistem; dış güçler tarafından sarsılabilir, baskılanabilir, tetiklenebilir, hareket ettirilebilir. Fakat sistemin bu güçlere cevabı tamamen kendi karakteristiğidir ve bu gerçek yaşamda nadiren basit bir cevaptır.

Stres yayları söz konusu olduğunda bu, kolaylıkla anlaşılabilen bir düşüncedir. Ancak konu bireyler, şirketler, şehirler veya ekonomiler olduğunda genel kabul gören anlayışa ters düşebilir. Sistem, genellikle kendi davranışını yaratır! Dışarıdan bir olay bu davranışı ortaya çıkartabilirken, başka bir sisteme uygulanan aynı dış olay tamamen farklı bir sonuç oluşturabilir.

Şimdi bu düşüncenin ne anlama geldiğine bir bakalım:

- Politikacılar, ekonomik durgunluklara veya çıkışlara sebep olmazlar. İniş çıkışlar pazar ekonomisinin doğal yapısında vardır.
- Bir şirketin pazar payı kaybetmesinde rakipleri nadiren etkilidir. Rakipler fırsattan pay kapmak için orada bulunabilirler ama kaybeden şirketin kayıplarına –en azından belli bir oranda– yine kendi politikaları sebep olur.
- Petrol fiyatlarındaki artıştan sadece petrol ihraç eden ülkeler sorumlu değildir. Eğer petrol ithal eden ülkelerin petrol tüketimi, fiyatlandırma ve yatırım politikaları petrol arzındaki değişikliklere karşı kırılgan ekonomiler inşa etmeseydi, ihraç eden ülkelerin eylemleri tek başına küresel fiyatların artmasını ve ekonomik kaosu tetikleyemezdi.
- Grip virüsü size kendiliğinden bulaşmaz, vücudunuzda gelişmesi için gerekli koşulları siz oluşturursunuz.
- Madde bağımlılığı bireyin zayıflığı değildir ve ne kadar sert veya şefkatli olursa olsun tek bir kişi madde bağımlısını iyileştiremez, bağımlının kendisi bile. Ne zaman ki bağımlılığın daha geniş etkilerin ve sosyal sorunların bir parçası olduğunu anlarız, ancak o zaman sorunu gerçekten ele almaya başlayabiliriz.

Bu ifadeler bir yanıyla oldukça rahatsız edici. Ama öte yandan tam anlamıyla sağduyulu. Bu iki durumun –sistem ilkelerine direnç ve onu kabul etme– herkese tanıdık gelecek iki tip insan deneyiminden kaynaklı olduğunu öne sürüyorum.

Bir tarafta bizlere analiz etme, akılcı becerilerimizi kullanma, sebeple sonuç arasındaki doğrdan izleri sürebilme, olaylara küçük ve anlaşılabilir parçalar halinde bakma, problemleri çevremizdeki dünyayı etkileme veya kontrol etme yoluyla çözme öğretildi. Pek çok kişisel ve sosyal gücün kaynağı olan bu eğitim; bizleri başkanları, rakipleri, OPEC'i, virüsü ve uyuşturucuyu problemlerimizin kaynağı olarak olarak görmeye sevk etmektedir.

Bir diğer taraftan akılcı çözümlemeler konusunda eğitilmeden çok önce, hepimiz karmaşık sistemler ile uğraştık. Bizler karmaşık sistemleriz –bedenlerimiz bütünsel, karşılıklı bağlantılı, varlığını koruyan karmaşıklığın muhteşem birer örneği. Karşılaştığımız her insan, her organizasyon, her hayvan, bahçe, ağaç ve orman karmaşık bir sistem. Bu sistemlerin nasıl çalıştığına ve bizim onlarla nasıl çalışacağımıza dair pratik anlayışı, analiz yapmaksızın tamamen içgüdüsel bir biçimde, sessizce oluşturmuş durumdayız.

Modern sistem teorisinin bilgisayarlar ve denklemlerle olan bağlantısı onun aslında herkes tarafından belirli bir düzeyde bilinen olgulara dayandığı gerçeğini gizler. Bu nedenle, sistem dilinden geleneksel bilgeliğe doğrudan bir aktarım yapmak genellikle mümkündür.

> Karmaşık sistemlerde geri beslemelerde yaşanan gecikmeler sebebiyle, problem gün yüzüne çıktığında, çözümü gereğinden fazla zorlaşmış olabilir.
>
> *–Bir mıh bir nal kurtarır, bir nal bir at kurtarır.*
>
> Rekabetçi dışlama ilkesine göre, eğer bir pekiştirici geri besleme döngüsü bir yarışın galibini, daha başka yarışlar kazanacak şekilde ödüllendirirse sonuçta birkaçı dışında tüm rakipler elenir.
>
> *–Çünkü kimde varsa, ona daha çok verilecek. Ama kimde yoksa, kendisinde olan da elinden alınacak (Mark 4:25).*
>
> Çeşitliliği yüksek, pek çok alternatif yolu ve yedekleri barındıran bir sistem, çok az çeşitlilik içeren tekdüze bir sisteme kıyasla, dış etkiler karşısında çok daha kararlı ve çok daha az kırılgandır.
>
> *–Tüm yumurtalarını tek sepete koyma!*

Endüstri Devrimi'nden bu yana, Batı toplumları, sezgi ve bütünsellik yerine bilim, mantık ve indirgemecilikten yararlandı. Psikolojik ve politik olarak, biz insanlar bir sorun olduğunda bunun nedeninin "hemen burada" değil "orada bir yerde" olduğuna inanmayı tercih ederiz. Sorumluluğu kendimizden uzaklaştırarak bir şeyleri veya birilerini suçlamak ve problemi ortadan kaldıracak bir kontrol düğmesi, bir ürün, bir ilaç, bir teknik çözüm aramak neredeyse karşı konulamaz bir davranıştır.

Çiçek hastalığını önlemek, yiyecek üretimini arttırmak, ağır yüklerin ve çok sayıda insanın hızlı bir şekilde uzun mesafelere taşınması gibi ciddi problemler, dış etkenlere odaklanarak çözülmüştür. Ancak bu problemler aslında daha büyük sistemlerin içinde gömülü olduğundan, "çözümlerimizin" bazıları daha büyük problemler yaratmıştır. Ve bazı problemler, karmaşık sistemlerin iç yapılarında en derinde köklenmiş olanlar, esas dertler, hiçbir yere gitmemiştir.

Örneğin açlık, yoksulluk, çevresel bozulma, ekonomik kararsızlık, işsizlik, kronik hastalıklar, madde bağımlılığı ve savaş, köklerini kurutmak üzere seferber edilmiş tüm analitik kabiliyete ve teknik dehaya rağmen ısrarla varlığını sürdürmektedir. Hiç kimse bu problemleri kasıtlı bir şekilde yaratmıyor, kimse sürmesini istemiyor ama yine de oradalar. Çünkü bu problemler özünde sistem problemleridir –onları üreten sistemlerin istenmeyen karakteristik davranışlarıdır. Bu sorunlar ancak sezgilerimizi geri alıp, suçlamayı bırakıp, sistemi kendi sorunlarının kaynağı olarak görmeyi başardığımızda ve onu *yeniden yapılandıracak* cesaret ve bilgeliği bulduğumuzda çözülecekler.

Apaçık. Ama yıkıcı. Eski bir bakış açısı. Ama her nasılsa hâlâ yeni. Rahatlatıcı çünkü çözüm elimizde. Rahatsız edici çünkü *bir şeyler yapmalıyız* veya en azından *şeyleri farklı bir açıdan görmeli* ve *o şeyler hakkında farklı şekilde düşünebilmeliyiz.*

Bu kitap, görmenin ve düşünmenin o farklı yoluyla ilgili. Bu kitap, hayatları boyunca sistem düşüncesini uygulamış olsalar bile, "sistem" kelimesine ve sistem analizi alanına temkinli yaklaşan insanlar için tasarlanmıştır. Tartışmayı teknik olmayan bir şekilde yaptım. Çünkü matematik ve bilgisayar alanına sapmadan da sistemleri anlamak konusunda ne kadar uzun bir yol gidilebileceğini göstermek istedim.

Bu kitapta diyagramları ve zaman grafiklerini dilediğimce kullandım. Çünkü sistemleri sadece sözlü olarak tartışmak bir sorundur. Sözcükler ve cümleler, doğrusal ve mantıksal bir sırada tek tek gelmek zorundadır. Sistemler ise bir anda gerçekleşir. Sadece tek bir yönde değil, aynı anda pek çok yönde bağlantılıdırlar. Sistemleri hakkıyla tartışabilmek için incelediğimiz bu olguyla ortak özellikleri olan bir dil kullanmak zorundayız.

Bu dil için resimler kelimelerden daha iyi iş görür çünkü resmin tüm parçalarını tek seferde görebilirsiniz. Sistemlerin resimlerini basit olandan başlayarak aşama aşama oluşturacağım. Bu grafiksel dili kolaylıkla anlayabildiğinizi göreceksiniz.

Temelden başlıyorum: sistemin tanımı ve parçalarına ayrılması (bütüncül olmayan, indirgemeci bir yolla). Daha sonra parçaları, bir sistemin temel işletim birimi olan geri besleme döngüsünü oluşturan karşılıklı bağlantıları göstermek üzere bir araya getiriyorum.

Sonrasında size "Sistem Bahçesi"ni göstereceğim, bilindik ve ilginç sistem türlerinin bir derlemesi. Bu yaratıkların birkaçının nasıl davrandıklarını, neden ve nerede bulunabildiklerini göreceksiniz. Onları tanıyacaksınız; etrafınızda hatta içinizdeler.

Bahçenin, birkaç "türünü" temel alarak –birtakım spesifik örnekler–, bir adım geri çekilip, sistemlerin nasıl bu kadar güzel çalıştığı ve nasıl olup da bizi bu kadar sıklıkla şaşırtıp kafamızı karıştırdığı hakkında konuşacağım. Sistemin içerisindeki herkes ve her şey görev bilinci ve akılcılıkla hareket ettiği halde, tüm bu iyi niyetli hareketlerin nasıl olup da sıklıkla berbat sonuçlar üretebildiğini anlatacağım. Ve olayların neden çoğu zaman herkesin düşündüğünden daha yavaş veya daha hızlı gerçekleştiğinden bahsedeceğim. Ve neden, her zaman işe yaramış eylemlerinizin bir anda ve büyük bir hayal kırıklığı ile artık işe yaramadığını fark ettiğinize değineceğim. Ve bir sistemin neden aniden, hiçbir uyarı vermeden, daha önce hiç görmediğiniz bir biçimde davranabileceği hakkında konuşacağım.

Bu tartışma; sistem düşüncesi topluluğunun, şirketlerle, hükümetlerle, ekonomi ve ekosistemlerle, fizyoloji ve psikoloji ile çalışırken, tekrar tekrar karşılaştığı ortak problemlere bakmamızı sağlayacak. Su kaynaklarının, topluluklar arasında paylaşımı veya finansal kaynakların okullar arasında paylaşımı sistemlerine bakarken, kendimizi "işte bir tane daha ortak kaynakların (malların) trajedisi vakası" derken bulabiliriz. Veya iş dünyasında yeni teknolojilerin gelişmesine yardımcı olan veya engelleyen kuralları ve teşvikleri araştırırken "aşınan hedefleri" tespit edebiliriz. Veya bir ailede, toplulukta veya ulusta karar verme gücü ve ilişkilerin doğasına bakarken "politika direnci"ni görebiliriz. Veya kafein, alkol, nikotin ve uyuşturuculardan çok daha fazla etkenin sebep olduğu "bağımlılığa" şahit oluruz.

Sistem düşünürleri bu ortak karakteristik davranışları üreten ortak yapılara "kalıp yapı" diyorlar. Bu kitabı ilk planladığımda bu yapılara "sistem tuzakları" dedim. Sonra "ve fırsatlar" ifadesini ekledim. Çünkü en inatçı ve potansiyel olarak en tehlikeli problemlerin sorumlusu olan bu kalıp yapılar, sistemlerden biraz olsun anladığımızda, çok daha istenen davranışlar üretecek şekilde dönüştürülebilirler.

Bu anlayıştan hareketle, içinde yaşadığımız sistemlerin yeniden yapılandırılması için sizlerin ve benim neler yapabileceğimize odaklanıyorum. Değişim için gerekli kaldıraç noktalarını nasıl bulacağımızı öğrenebiliriz.

Ve en sonda, tanıdığım pek çok sistem düşünürünün bilgeliğinden elde edilmiş olan en büyük dersle bağlıyorum.

Sistem düşüncesi ile ilgili daha fazla bilgi sahibi olmak isteyenler için sondaki Ekler kısmı; bir terimler sözlüğü, sistem düşüncesi kaynaklarının bibliyografyası, sistem ilkelerinin özet listesi ve Kısım Bir'de tanımlanan modellerin denklemleri konuya daha derinlemesine giriş imkânı sağlayacaktır.

Yıllar önce, küçük araştırma grubumuz MIT'den Dartmouth Üniversitesi'ne taşındığında, Dartmouth Mühendislik Fakültesi profesörlerinden birisi, bizi bir süre seminerimizde izledikten sonra bir gün ofisimize uğradı: "Sizler farklısınız." dedi. "Farklı türde sorular soruyorsunuz. Benim göremediklerimi görüyorsunuz. Bir şekilde dünyaya farklı bir şekilde gelmişsiniz. Nasıl? Neden?"

Bu, kitap boyunca, özellikle de kitabın sonunda anlaşılmasını umduğum şeydir. Sistem bakış açısının, indirgemeci düşünceden daha iyi olduğunu düşünmüyorum. Sistem düşüncesinin tamamlayıcı ve bu yüzden de açıklayıcı olduğunu düşünüyorum. Bazı şeyleri gözünüzün merceğiyle görebilirsiniz, bazılarını mikroskop merceğiyle, diğerlerini teleskop merceğiyle ve diğerlerini de sistem teorisinin merceğiyle. Her bir mercekle görülen her şey gerçekte oradadır. Her görme biçimi içinde yaşadığımız bu harikulade dünyaya dair bilgimizi biraz daha tamamlar.

Dünyamızın hiç olmadığı kadar karmaşık, kalabalık, bağımlı ve bağlantılı olduğu ve hızla değiştiği şu zamanda, ne kadar çok görme biçimi olursa o kadar iyi olur. Sistem düşüncesi merceği, sistemin bütünü hakkındaki sezgilerimizi geri kazanmamıza ve

- parçaları anlama becerilerimizi keskinleştirmemize,
- karşılıklı bağlantıları görmemize,
- gelecekteki olası davranışlar hakkında "eğer... ne?" soruları sormamıza,
- sistemin yeniden tasarlanması konusunda yaratıcı ve cesur olmamıza olanak sağlar.

Böylelikle, bu anlayışlarımızı kendimizde ve dünyamızda fark yaratabilmek için kullanabiliriz.

Anlatı Arası • Kör Adamlar ve Fil Meselesi

Ghor'un ötesinde bir şehir varmış. Yaşayanlarının tamamı körmüş. Bir gün yakınlara, yanındakiler ve ordusuyla beraber bir kral gelmiş, çölde kamp kurmuş. Kralın insanları şaşırtmak için kullandığı muazzam bir fili varmış.

Halk fili görmek için heyecanlanmış ve topluluktan gözleri görmeyen birkaç kişi fili bulabilmek için deli gibi koşuşturmuş.

Filin şekli ve biçiminin neye benzediğine dair bir fikirleri de olmadığı için el yordamıyla, bazı yerlerine dokunarak bilgi edinmeye çalışmışlar.

Filin herhangi bir yerine dokunan, fil hakkında bir şey bildiğini düşünmüş. Filin kulağına dokunan adam, "Büyük, şekilsiz, geniş bir şey, halı gibi." demiş.

Hortumuna dokunan kişi, "Esas bilgiye ben sahibim, düz uzun bir boru, korkunç ve yıkıcı." demiş.

Ayağına ve bacaklarına dokunan kişi, "Tıpkı bir sütun gibi güçlü ve sağlam." demiş.

Her birisi pek çok yerden sadece bir tanesine dokunmuş ve hepsi de yanlış algılamış…[2]

Bu kadim sufi hikâyesi bize çok basit ve genellikle göz ardı ettiğimiz bir dersi hatırlatır: Bir sistemin davranışı, sadece o sistemi oluşturan parçaların bilinmesi yoluyla anlaşılamaz.

KISIM BİR

SİSTEMİN YAPISI VE DAVRANIŞI

BİR

Temel Kavramlar

Şimdiye kadar, ne kadar karmaşık olursa olsun, doğru şekilde bakıldığında daha da karmaşık hale gelmeyen herhangi bir sorun görmedim.

—POUL ANDERSON[1]

Parçaların Toplamından Çok Daha Fazlası

Bir sistem, herhangi bir birikmiş şeyler derlemesi değildir. **Sistem*** bir şeyi başarmak için tutarlı bir şekilde düzenlenmiş, birbirine bağlı bir ögeler kümesidir. Bir dakikalığına bu tanıma yakından bakarsanız, bir sistemin üç tür şeyden oluşması gerektiğini görürsünüz: *Ögeler, karşılıklı bağlantılar* ve bir *işlev* ya da *amaç*.

Örneğin sindirim sisteminizin ögeleri; dişler, enzimler, mide ve bağırsaklardan oluşur. Bunlar, fiziksel besin akışı ve mükemmel bir düzenleyici kimyasallar dizisi ile birbiriyle bağlantılıdır. Bu sistemin görevi, yiyecekleri temel besin maddelerine ayırmak ve kullanılamayan atıkları uzaklaştırırken, bu besinleri kan dolaşımına (başka bir sistem) aktarmaktır.

Bir futbol takımı; oyuncular, antrenör, saha ve top gibi ögeleri barındıran bir sistemdir. Sistemin karşılıklı bağlantıları; oyunun kuralları, antrenörün stratejisi, oyuncuların iletişimi ve top ve oyuncuların hareketlerine yön veren fizik kanunlarıdır. Takımın amacı ise oyun kazanmak, eğlenmek, egzersiz yapmak, milyonlarca dolar kazanmak veya bunların tümünü gerçekleştirmek olabilir.

Okul bir sistemdir. Bir şehir, bir fabrika, bir şirket ve ulusal bir ekonomi de öyledir. Hayvan bir sistemdir. Ağaç bir sistemdir. Orman, ağaç ve hayvan alt sistemlerini kapsayan daha büyük bir sistemdir. Dünya bir sistemdir. Güneş sistemi de galaksi de öyle. Sistemler, diğer sistemlerin içine gömülü olan sistemlerin içine gömülü olabilirler.

---

* Koyu renkli yazılmış sözcüklerin tanımlarını Sözlük bölümünde bulabilirsiniz.

Sistem olmayan bir şey var mı peki? Elbette, herhangi bir karşılıklı bağlantısı veya işlevi olmayan bir küme sistem değildir. Bir yola rastgele saçılmış olan kum kendi başına bir sistem değildir. Yola kum ekleyebilirsiniz ya da yoldan kum alabilirsiniz fakat yolda hâlâ sadece kum vardır. Öte yandan futbolcuları ve sindirim sisteminizin parçalarını sisteme gelişigüzel ekleyin veya çıkarın, bir anda başka bir sistem elde edersiniz.

Yaşayan bir varlık öldüğünde, "sistem olma özelliğini" kaybeder. Onu bir arada tutan çoklu karşılıklı ilişkiler artık işlevsizdir ve sistemin malzemesi daha büyük bir besin ağının parçası olarak kalsa da yok olur. Bazı insanlar, kişilerin birbirini tanıdığı ve düzenli olarak iletişim kurduğu eski bir mahallenin sosyal bir sistem olduğunu fakat yabancılarla dolu yeni bir apartmanın olmadığını söylerler ta ki yeni ilişkiler kurulup bir sistem oluşana kadar.

Sistem, parçalarının toplamından çok daha fazlasıdır. Sistemler; değişebilir, uyarlanabilir, olaylara yanıt verebilir, hedef yönelimli olabilir, zararları onarabilir ve cansız ögelerden oluşmaları veya bunları içermelerine rağmen kendi yaşamlarını gerçekmiş gibi sürdürebilirler.

Bu örneklerden, bir sistemle ilgili olarak bütünlük veya tam olma halini ve bu bütünlüğü korumak için bir dizi etkin mekanizmanın varlığını görebilirsiniz. Sistemler; cansız ögelerden oluşmaları veya bunları içermelerine rağmen değişebilir, uyarlanabilir, olaylara yanıt verebilir, hedef yönelimli olabilir, zararları onarabilir ve kendi yaşamlarını gerçekmiş gibi sürdürebilirler. Sistemler kendi kendini organize edebilir ve çoğu zaman, oluşan bazı aksaklıkları kendi kendilerine onarabilirler. Dayanıklı ve çoğunlukla evrimseldirler. Bir sistemden, tamamen yeni veya daha önceden hayal edilmemiş yeni sistemler ortaya çıkabilir.

Oyuncuların Ardına, Oyunun Kurallarına Bak

> "Bir"i anladığınız için "iki"yi de anlamanız gerektiğini düşünürsünüz çünkü bir ve bir, iki eder. Fakat unuttuğunuz şey "ve"yi de anlamanız gerektiğidir.
>
> —Sufi öğretisi

Bir sistemin ögeleri genellikle fark edilmesi en kolay kısımlardır çünkü birçoğu görünür ve somuttur. Ağaç; kök, gövde, dal ve yapraklardan oluşur. Daha yakından baktığınızda, özel hücreler görürsünüz; yukarı ve aşağı sıvı taşıyan damarlar, kloroplastlar ve diğerleri. Üniversite denilen sistem; binalardan, öğrencilerden, profesörlerden, yöneticilerden, kütüphanelerden, kitaplardan, bilgisayarlardan oluşur ve devam edip bunların da nelerden oluştuğunu söyleyebilirim. Ögelerin fiziksel şeyler olması gerekmez. Soyut varlıklar da bir sistemin ögeleridir. Örneğin bir üniversitede, okulla gururlanmak ve akademik uzmanlık sistemin çok önemli

ögeleri olabilecek iki soyut kavramdır. Bir sistemin ögelerini listelemeye başladığınızda, sürecin neredeyse sonu yoktur. Ögeleri alt ögelere ve onları da daha alt ögelere bölebilirsiniz. Çok geçmeden de sistemi gözden kaybedersiniz. Yani söylendiği gibi, ağaçlardan ormanı göremez olursunuz.

DÜŞÜNELİM

Bir sisteme mi yoksa yalnızca bir grup şeye mi baktığınızı nasıl anlarsınız?

A) Parçaları tanımlayabilir misiniz? ... ve

B) Parçalar birbirini etkiliyor mu? ... ve

C) Parçalar bir aradayken, her parçanın kendi başına oluşturduğu etkiden daha farklı bir etki yaratıyor mu? ... ve belki de

D) Etki, zaman boyunca davranış, farklı koşullarda devam ediyor mu?

Bu yönde çok uzağa gitmeden önce, ögeleri incelemeyi bırakmak ve ögeleri bir arada tutan *karşılıklı bağlantıları*, ilişkileri aramaya başlamak iyi bir fikir olur.

Ağaç sistemindeki karşılıklı bağlantılar, ağacın metabolik süreçlerini yöneten fiziksel akışlar ve kimyasal reaksiyonlardır – bir parçanın başka bir parçada olup bitene tepki vermesini sağlayan sinyaller. Örneğin, güneşli bir günde yapraklar su kaybettikçe, su taşıyan damarlardaki basınç düşüşü köklerin daha fazla su almasına olanak tanır. Ya da tam tersi, kökler kuru toprağa maruz kaldığında, su basıncı kaybı, yapraklara daha da fazla su kaybetmesini önlemek için gözeneklerini kapatma sinyali verir.

Ilıman bölgelerde günler kısaldıkça, yaprak döken bir ağaç, besinlerin yapraklardan gövde ve köklere taşınmasına ve sapları zayıflatarak yaprakların düşmesine sebep olan kimyasal mesajlar iletir. Hatta, bitkinin sadece bir kısmına böcekler saldırdığında, bazı ağaçların böceksavar kimyasallar veya daha sert hücre duvarları yapmasına neden olan mesajlar da var. Hiç kimse, bir ağacın yapmakta olduğu şeyi yapmasını sağlayan tüm bu ilişkileri anlamaz. Bu bilgi eksikliği aslında şaşırtıcı değil. Çünkü bir sistemin ögeleri hakkında bilgi sahibi olmak, karşılıklı bağlantıları hakkında bilgi sahibi olmaktan daha kolaydır.

Üniversite sisteminde, karşılıklı bağlantılar; kabul standartlarını, dereceler için gereklilikleri, sınavları ve notları, bütçeleri ve para akışlarını, dedikoduları ve en önemlisi de büyük olasılıkla tüm sistemin ana amacı olan bilgi iletişimini içerir.

Sistemlerdeki bazı karşılıklı bağlantılar, ağacın gövdesindeki su veya üniversite hayatı boyunca eğitimini sürdüren öğrenciler gibi gerçek fiziksel akışlardır. Çoğu karşılıklı bağlantı ise bir sistem içindeki karar veya eylem noktalarına giden sinyaller yani bilgi akışıdır. Bu tür karşılıklı bağlantıları görmek genellikle daha zordur ancak sistem onları bakmayı bilene gösterir. Öğrenciler, hangi dersleri seçeceklerine karar verirken, dersten iyi bir not alma olasılığı hakkında kulaktan dolma bilgileri kullanabilir. Bir tüketici ne alacağına; geliri, birikimi, kredi notu, evdeki eşya stoku, fiyatlar ve satın alınabilecek mallar hakkındaki bilgileri kullanarak karar verir. Yönetimler, kirliliği azaltmak için akla uygun düzenlemeler yapmadan önce, su kirliliğinin türleri ve miktarları hakkında bilgiye ihtiyaç duyarlar. (Bir problemin varlığına ilişkin bilginin gerekli olduğunu ama bunun eylemi tetiklemek için yeterli olmayabileceğini unutmayın –kaynaklar, teşvikler ve sonuçlar hakkındaki bilgi de gereklidir.)

Sistemlerdeki karşılıklı bağlantıların çoğu bilgi akışı yoluyla çalışır. Bilgi, sistemleri bir arada tutar ve nasıl çalıştıklarını belirlemekte büyük rol oynar.

Bilgiye dayalı ilişkileri görmek zorsa, *işlevler* veya *amaçları* görmek çok daha zordur. Bir sistemin işlevi veya amacı, sistemin işleyişi dışında, yazılı ya da sözlü olarak açıkça ifade edilmeyebilir. Sistemin amacını anlamanın en iyi yolu, sistemin nasıl davrandığını görmek için onu bir süre izlemektir.

Bir kurbağa sağa dönüp bir sinek yakalar, sonra sola dönüp bir sinek yakalar ve sonra geriye dönüp bir sinek yakalarsa, burada kurbağanın amacı sola, sağa veya geriye dönmek değil, sinekleri yakalamaktır. Bir hükümet çevreyi korumakla ilgilendiğini beyan eder ancak bu hedef için çok az para ayırır veya çaba harcarsa, bu durumda hükümetin gerçek amacı çevrenin korunması değildir. Amaçlar, retorik veya açıklanmış hedeflerden değil, davranışlardan anlaşılır.

DİL ÜZERİNE BİR NOT

İşlev kelimesi genellikle insan dışı sistemler için kullanılır, insan için *amaç* kelimesi daha uygundur ancak bu ayrım mutlak değildir çünkü pek çok sistem hem insan hem de insan dışı ögelere sahiptir.

Termostat-fırın sisteminin işlevi, binayı belirli bir sıcaklıkta tutmaktır. Bitkinin işlevlerinden biri tohumları taşımak ve daha fazla bitki üretmektir. Ulusal ekonominin amaçlarından biri, davranışından anlaşıldığı üzere, daha da fazla büyümektir. Hemen hemen her sistemin önemli bir işlevi, kendi devamlılığını sağlamaktır.

Sistem amaçlarının insan amaçları olması gerekmez ve sistem içindeki herhangi bir tekil oyuncu tarafından amaçlanan şeyler olması da gerekmez. Aslında, sistemlerin en sinir bozucu yönlerinden biri, alt birimlerin amaçlarının, hiç kimsenin istemediği genel bir davranışa yol açabilmesidir. Hiç kimse uyuşturucu bağımlılığı ve suçun yaygın olduğu bir toplum yaratmayı amaçlamaz ancak ilgili aktörlerin ortak amaçlarını ve bunun sonucunda ortaya çıkan eylemleri bir düşünün:

- Psikolojik acıdan çabucak kurtulmak isteyen çaresiz insanlar,
- Para kazanmak isteyen çiftçiler, tüccarlar ve bankacılar,
- Peşlerinde olan polise kıyasla, kanun tarafından daha az kısıtlanmış uyuşturucu satıcıları,
- Zararlı maddeleri yasa dışı yapan ve bunları yasaklamak için polis gücünü kullanan devletler,
- Düşük gelirli insanların yakınında yaşayan varlıklı insanlar,
- Bağımlıların iyileşmesine destek olmaktan çok kendilerini korumakla ilgilenen bağımlı olmayanlar.

Tüm bunlar bir araya geldiğinde, uyuşturucu bağımlılığını ve suçu ortadan kaldırmanın son derece zor olduğu bir sistem oluşturur.

Sistemler, sistemlerin içinde yuvalanabilir. Bu nedenle, amaçların içinde amaçlar olabilir. Bir üniversitenin amacı bilgiyi keşfetmek, saklamak ve yeni nesillere aktarmaktır. Üniversite içinde bir öğrencinin amacı iyi notlar almak, bir profesörün amacı uzun süre görevde kalmak, bir yöneticinin amacı ise bütçeyi dengelemek olabilir. Bu alt amaçlardan herhangi biri genel amaç ile çelişebilir; öğrenci kopya çekebilir, profesör yayın yapmak için öğrencileri umursamayabilir ya da yönetici profesörleri işten çıkartarak bütçeyi dengeleyebilir. Alt amaçlar ve genel sistemin amaçlarının uyum içinde olması, başarılı sistemlerin temel bir işlevidir. Hiyerarşilere geldiğimizde bu noktaya tekrar değineceğim.

Bir sistemin ögelerinin, karşılıklı bağlantılarının ve amaçlarının göreceli önemini, bunların birer birer değiştiğini hayal ederek anlayabilirsiniz. Ögelerin değişimi genellikle sistem üzerinde en az etkiye sahiptir. Bir futbol takımındaki tüm oyuncuları değiştirirseniz, bu hâlâ fark edilebilir şekilde bir futbol takımıdır. (Çok daha iyi veya çok daha kötü oynayabilir. Doğrusu, bir sistemde belli ögeler gerçekten önemli olabilir.) Bir ağaç, hücrelerini sürekli olarak değiştirir, her yıl yapraklarını değiştirir ancak yine de özünde aynı ağaçtır. Vücudunuz birkaç haftada bir, hücrelerinin çoğunu değiştirir ancak vücudunuz olmaya devam eder.

Sistemin en az göze çarpan kısmı, işlevi veya amacı, genellikle sistem davranışının en önemli belirleyicisidir.

Üniversite sürekli bir öğrenci akışına ve daha yavaş bir profesör ve yönetici akışına sahiptir ancak yine de bir üniversitedir. Aslında, General Motors ve ABD Kongresi'nin tüm üyeleri değiştiği halde bir şekilde kimliklerini korudukları gibi, –diğerlerinden hemen göze çarpmayan şekilde ayrılsa da– burası hâlâ aynı üniversitedir. Bir sistem, karşılıklı bağlantıları ve amaçları bozulmadığı sürece, ögelerinin tamamı değiştirilse bile, sadece yavaşça değişerek veya hiç değişmeyerek kendi varlığını sürdürmeye devam eder.

Karşılıklı bağlantılar değişirse, sistem büyük ölçüde değişebilir. Hatta takımdaki oyuncular aynı kalsa bile sistem tanınamaz hale gelebilir. Oyunun kurallarını futboldan basketbola çevirin, o zaman işin rengi değişir. Ağaçtaki karşılıklı bağlantıları değiştirirseniz –karbondioksit alıp oksijen vermek yerine bunun tersi olsa– ağaç, artık bir ağaç olmayacaktır. (Ama bir hayvan olabilirdi.) Eğer bir üniversitede öğrenciler profesörlere not verseydi veya tartışmalar akıl yürütme yerine kaba kuvvetle kazanılsaydı, bu yerin farklı bir isme ihtiyacı olacaktı. İlginç bir kuruluş olabilirdi ama ne yazık ki bir üniversite olmazdı. Bir sistemde karşılıklı bağlantıları değiştirmek, sistemi çarpıcı biçimde değiştirebilir.

İşlev veya amaçtaki değişiklikler de çarpıcı olabilir. Peki ya oyuncuları ve kuralları sabit tutup amacı değiştirirseniz (örneğin kazanmaktan kaybetmeye) ne olur? Ya da bir ağacın işlevi hayatta kalmak ve çoğalmak değil de topraktaki tüm besleyici ögeleri almak ve sınırsızca büyümek olsaydı? İnsanlar bir üniversite için bilgiyi yaymanın yanı sıra; para kazanmak, insanlara fikir aşılamak, futbol maçları kazanmak gibi pek çok amaç hayal ettiler. Amacın değişmesi, her öge ve karşılıklı bağlantılar aynı kalsa bile sistemi derinden değiştirir.

Bir sistemde elemanların mı, karşılıklı bağlantıların mı yoksa amaçların mı en önemli olduğunu sormak, sistemik olmayan bir soru sormaktır. Hepsi çok önemlidir. Hepsi etkileşim halindedir. Hepsinin kendi rolleri vardır. Ancak sistemin en az göze çarpan kısmı, işlevi veya amacı, genellikle sistem davranışının en önemli belirleyicisidir. Karşılıklı bağlantılar da kritik derecede önemlidir. İlişkileri değiştirmek genellikle sistem davranışını değiştirir. Ögeler (sistemlerin en kolay fark edebildiğimiz parçaları) sistemin benzersiz özelliklerini tanımlamada genellikle (her zaman değil) en az önemlidir *(bir ögeyi değiştirmek aynı zamanda ilişkilerin veya amacın da değişmesine neden olmadığı sürece).*

Sadece zirvedeki bir lideri değiştirmek –Brejnev'den Gorbaçov'a ya da Carter'dan Reagan'a– toprakları, fabrikaları ve yüz milyonlarca insan aynı kalsa bile bütün bir ulusu yeni bir yöne çevirebilir ya da çevirmeyebilir. Bir lider, o toprak, fabrika ve insanlara, yepyeni kurallarla farklı bir oyun oynatabilir veya oyunu yepyeni bir amaca yönlendirebilir.

Buna karşılık; toprak, fabrikalar ve insanlar sistemin uzun ömürlü ve yavaş değişen fiziksel ögeleri olduklarından, herhangi bir liderin bir ulusun yönünü değiştirebilme hızının da bir sınırı vardır.

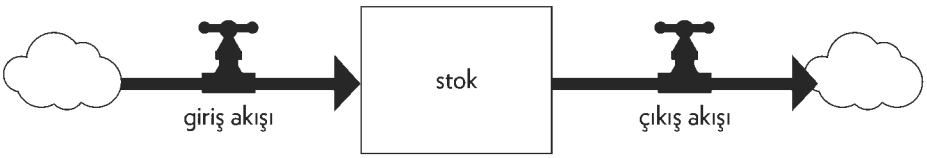
Küvetler 101 - Sistemin Zaman Boyunca Davranışının Anlaşılması

> Doğada depolanan bilgiler... geçmişin kısmen yeniden inşasına izin verir... Bir nehrin kıvrımlarının oluşumu, yer kabuğunun artan karmaşıklığı... tıpkı genetik sistemler gibi bilgi depolayan cihazlardır... Bilgiyi saklamak, mekanizmanın karmaşıklığını artırmak demektir.
>
> —Ramon Margalef[2]

Stok tüm sistemlerin temelidir. Stoklar; herhangi bir zamanda görebileceğiniz, hissedebileceğiniz, sayabileceğiniz veya ölçebileceğiniz sistem ögeleridir. Bir sistem stoku, tam da kulağa geldiği gibidir; bir depo, bir miktar, zaman boyunca birikmiş madde veya bilgi. Küvetteki su, nüfus, kitapçıdaki kitaplar, ağaçtaki odun, bankadaki para, öz güveniniz de stok olabilir. Stokun fiziksel bir nesne olması gerekmez. Başkalarına karşı beslediğiniz iyi niyet rezerviniz veya dünyanın daha iyi bir yer olabileceğine dair beslediğiniz umut miktarı da birer stoktur aslında.

Bir stok, sistem içinde değişen akışların geçmişini barındıran bellektir.

Stoklar bir **akışın** etkisiyle zaman boyunca değişir. Akışlar; doldurma ve boşaltma, doğumlar ve ölümler, alımlar ve satışlar, büyüme ve çürüme, para yatırma ve para çekme, başarı ve başarısızlıklardır. Öyleyse, bir stok, sistem içinde değişen akışların geçmişinin, o andaki belleğidir.



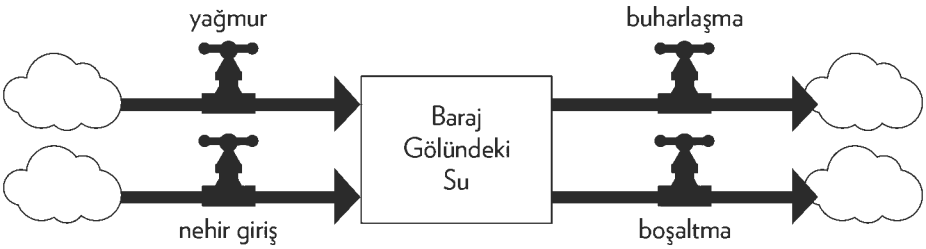
Şekil 1. Stok-akış diyagramları nasıl okunur? Bu kitapta stoklar kutucuklar şeklinde, akışlar ise stoka giren ya da stoktan çıkan ok başlıklı "borular" şeklinde gösterilir. Her bir akış üzerinde gösterilen küçük T ise bir "musluğu" temsil eder; bu musluk açılıp kapatılabilir ya da akışı azaltıp çoğaltabilir. "Bulutlar" ise akışların geldiği ve gittiği yerlerdir; kaynaklar ve havuzlar, mevcut tartışmanın amacına bağlı olarak göz ardı edilmişlerdir.

Örneğin, yer altı maden yatağı bir stoktur ve maden çıkarma bu stokun çıkış akışıdır. Maden cevherinin bir maden yatağına giriş akışı, jeolojik dönemlerden daha küçük herhangi bir zaman aralığı için kısacık bir süredir. Bu yüzden, sistemin basitleştirilmiş bir diyagramını herhangi bir giriş akışı olmadan çizmeyi

seçtim (Şekil 2). Tüm sistem diyagramları ve açıklamaları gerçek dünyanın basitleştirilmiş halleridir.

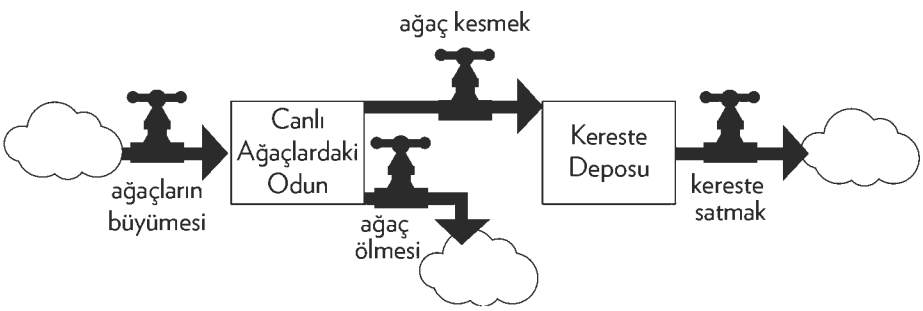
Şekil 2. Madencilikle tüketilen maden stoku.

Bir baraj gölündeki su stoktur, yağmur ve nehir suları giriş akışıdır ve barajdan boşaltılan ve göl yüzeyinden buharlaşan su çıkış akışıdır.



Şekil 3. Çok sayıda giriş ve çıkış akışının bulunduğu bir baraj gölündeki su stoku.

Bir ormandaki canlı ağaçlardaki odun hacmi bir stoktur. Bu stokun giriş akışı ağaçların büyümesidir. Çıkış akışları ağaçların doğal ölümleri ve kerestecilerin ağaçları kesmesidir. Kerestecilerin ağaçları kesmesi de başka bir stoka, örneğin bir kereste imalathanesinin deposuna akar. Bu stok, keresteler müşterilere satıldıkça dışarı akar.

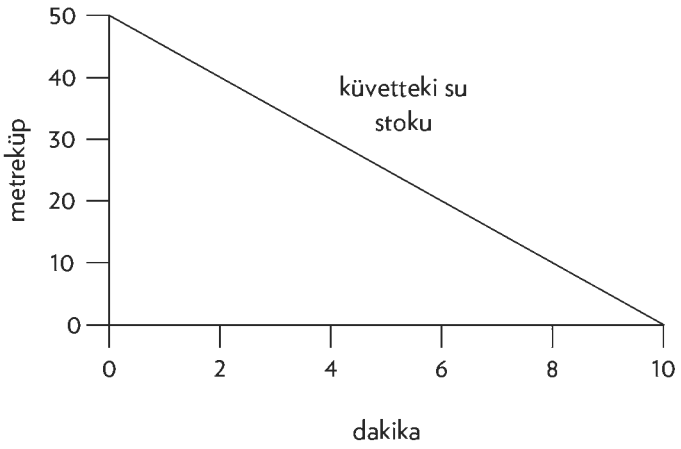


Şekil 4. Bir ormandaki ağaç stokuna bağlı kereste stoku.

Stokların ve akışların **dinamiklerini** –zaman boyunca davranışlarını– anlarsanız, karmaşık sistemlerin davranışı hakkında epey bir şey anlamışsınız demektir. Bir küvet ile epey deneyiminiz olmuşsa, stokların ve akışların dinamiğini anlarsınız.

Şekil 5. Bir küvet sisteminin yapısı: bir giriş akışı ve bir çıkış akışı olan bir stok.

Suyla doldurulmuş, gideri tıkaçla tıkanmış, muslukları kapalı bir küvet hayal edin – değişmeyen, dinamik olmayan, sıkıcı bir sistem. Şimdi giderdeki tıkacı zihninizde kaldırın. Elbette su azalmaya başlayacaktır. Su seviyesi küvet boşalana kadar aşağı iner.



Şekil 6. Tıkaç açıldığında küvetteki su seviyesi.

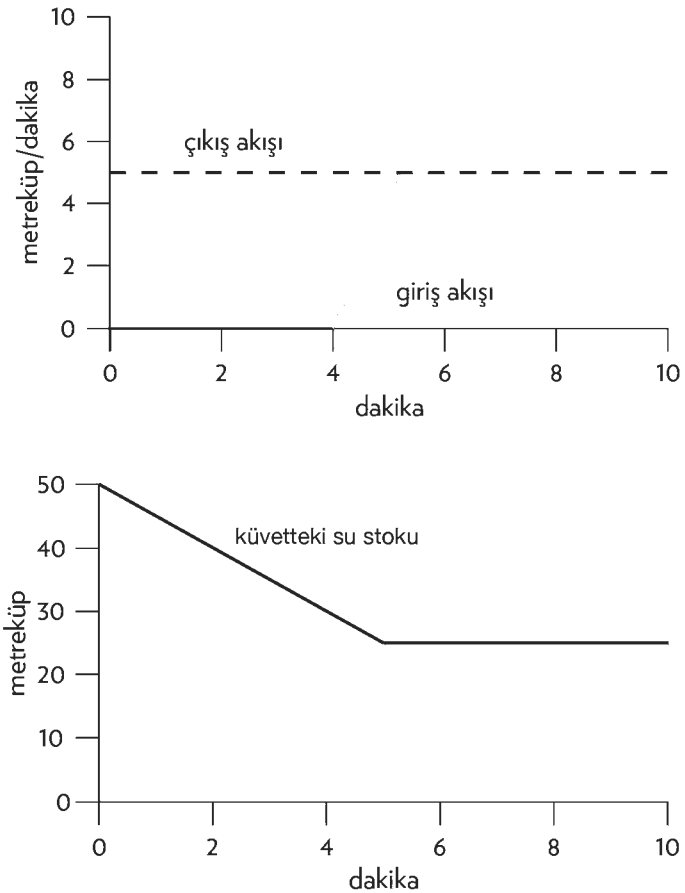
ZAMAN BOYUNCA DAVRANIŞ GRAFİKLERİNİN OKUNMASINA DAİR NOT

Sistem düşünürleri sistem davranışı grafiklerini, tek tek olaylara odaklanmaktan çok, zaman içinde oluşan eğilimleri anlamak üzere kullanırlar. Biz de bir sistemin bir hedefe veya bir sınıra yaklaşıp yaklaşmadığını, yaklaşıyorsa bunun hangi hızla gerçekleştiğini anlamak için zaman boyunca davranış grafiklerini kullanırız.

Grafikteki değişken, bir stok veya bir akış olabilir. Örüntü -değişkendeki değişimi yansıtan çizginin şekli- önemlidir. Çizginin şeklinin ve yönünün değiştiği noktalar da aynı şekilde önemlidir. Eksenler üzerindeki rakamların kesin değeri genellikle daha az önemlidir.

Yatay eksendeki zaman, 'önce ne oldu' ve 'daha sonra ne olabilir' sorularını sormanıza fırsat verir. Yatay eksen aynı zamanda ele aldığınız soruna veya araştırmakta olduğunuz probleme uygun zaman ufkuna odaklanmanıza da yardımcı olur.

Şimdi tekrar dolu küvetimize dönelim, tekrar tıkacı açalım fakat bu defa küvetin yarısı boşaldığında, akış musluğunu öyle bir açalım ki küvetin içine akan su miktarı ile küvetten çıkan su miktarı aynı olsun. Bu durumda ne olur? Suyun çıkış miktarı giriş miktarı ile hangi aşamada eşitlendiyse küvetteki su miktarı o düzeyde sabit kalır. Bu, **dinamik denge** durumudur. (Su akışı devam etmesine rağmen suyun seviyesinde bir değişiklik olmamaktadır.)



Şekil 7. Çıkış akışı değişmiyor, giriş akışı 5 dakika sonra açılıyor ve bunun sonucu olarak küvetteki su stokunda görülen değişiklikler.

Bu sefer çıkış akışı miktarı aynı iken küvete su dolduran musluğu biraz daha açtığımızı hayal edelim. Küvetteki su seviyesi yavaş yavaş artacaktır. Musluğu yine giriş akışı çıkış akışına eşit olacak şekilde açarsak su seviyesindeki artış duracaktır. Musluğu biraz kıstığımızda su seviyesi yavaşça azalacaktır.

Bu küvet modeli bir stok, bir giriş akışı ve bir çıkış akışı olan basit bir sistemdir. İncelediğimiz zaman boyunca (dakika) suyun buharlaşma miktarının göz

ardı edilebilir düzeyde olduğunu varsaydım yani bu çıkış akışını modele dahil etmedim. Tüm modeller ister zihinsel, ister matematiksel olsun, gerçek hayatın basitleştirilmesidir. Artık bu küvete dair farklı dinamik olasılıkların farkındasınız. Buradan yola çıkarak daha karmaşık sistemleri içine alacak bazı önemli ilkelere dair çıkarımlarda bulunabilirsiniz:

- Giriş akışlarının toplamı çıkış akışlarının toplamından fazla olursa stok artar.
- Çıkış akışlarının toplamı giriş akışların toplamından fazla olursa stok azalır.
- Çıkış akışlarının toplamı giriş akışların toplamı ile aynı olursa stok seviyesi aynı kalır; giriş ve çıkış akışlarının miktarı nerede eşitlendiyse sistem orada dinamik dengede kalır.

Öyle görünüyor ki insan zihni stoklara akışlardan daha kolay odaklanabiliyor. Dahası, akışlara odaklanmayı başardığımızda da *giriş akışlarına* çıkış akışlarından daha fazla odaklanma eğilimi gösteriyoruz. Tam da bu yüzden, bir küveti sadece giriş akış hızını artırarak değil, aynı zamanda çıkış akış hızını azaltarak da doldurabileceğimizi gözden kaçırıyoruz. Petrole dayalı ekonominin yaşam süresinin, yeni petrol yataklarının bulunmasıyla uzatılabileceğini herkes anlıyor. Fakat aynı sonuca daha az fosil yakıt tüketerek de ulaşılabileceğini anlamak daha zor görünüyor. Enerji verimliliğinde sağlanacak büyük bir atılım, mevcut petrol stokuna etkisi bakımından, yeni bir petrol yatağı bulunmasına eş değerdir - her ikisinde farklı kişiler kazanç sağlayacak olsa da.

Bir stok hem dışa akış hızı azaltılarak hem de içe akış hızı arttırılarak çoğaltılabilir. Bir küveti doldurmanın birden fazla yolu vardır!

Benzer şekilde bir şirket daha fazla kişi işe alarak büyüyebilir ya da istifaların ve kovulmaların önüne geçerek aynı sonuca ulaşabilir. Her iki stratejinin de çok farklı maliyetleri olacaktır. Bir ulusun zenginliği daha fazla fabrika ve makina yatırımı yaparak arttırılabilir. Ama çoğunlukla daha ucuz olan bir başka yöntemle fabrika ve makinaların bozulma, eskime veya ıskartaya ayrılma hızı azaltılarak da aynı sonuca ulaşılabilir.

Bir küvetin giderini veya musluğunu –akışlarını– bir hamlede ayarlayabilirsiniz ancak suyun seviyesini –stoku– hızlıca değiştirmek çok daha zordur. Gideri tamamen açsanız bile su tahliye borusundan bir anda akamaz. Musluk sonuna kadar açılmış olsa da küvet bir anda dolamaz. *Stoktaki değişimler zaman alır çünkü akış zamanla olur.* Bu, çok hayati bir noktadır, sistemlerin neden bu şekilde davrandıklarını anlamanın anahtarıdır. Stoklar genellikle

Giriş veya çıkış akışları aniden değişse de stoklar genelde yavaş bir değişim gösterirler. Bu yüzden, **stoklar sistemlerde gecikme, tampon veya darbe emici görevi görürler.**

yavaş değişir. Sistemde; gecikme, geri kalma, tampon, denge ve atalet kaynağı rolü görürler. Stoklar, özellikle büyük olanlar, değişime hatta ani değişime bile yavaş yavaş dolarak veya boşalarak cevap verirler.

İnsanlar genellikle, stokun doğasında var olan ataleti hafife alırlar. Nüfusun artması veya artmasının durması, ormanın büyümesi, haznenin dolması, madenin tükenmesi uzun zaman alır. Bir ekonominin, yeterince parası olsa bile, işler halde fabrikalar, otoyollar ve elektrik santrallerinden oluşan bir stok oluşturması bir gecede olabilecek bir şey değildir. Ekonomi bir kez petrol bazlı yakıt kullanan fırınlar ve otomobil motorları üzerinden kurgulandığında, petrol fiyatlarındaki ani bir değişiklikle, bir anda farklı yakıt türleri kullanan fırınlar ve motorlar kullanmaya geçemez. Stratosferik kirleticilerin ozon tabakasına zarar verecek şekilde birikmesi on yıllar aldı; bu kirleticilerin giderilmesi de aynı şekilde on yıllar alacak.

Stoklardaki değişimler, sistemlerin dinamiklerinin hızını belirler. Endüstriyelleşmenin hızı, fabrikaların ve makinelerin kurulum hızından ve onları çalıştırıp sürdürecek kişilerin eğitiminin hızından daha fazla olamaz. Ormanlar bir gecede büyümez. Yer altı suyu kaynakları bir kez kirletildi mi bu kirlilik ancak yer altı sularının değişim hızında ortadan kaldırılabilir, bu da on yıllar hatta yüzyıllar alabilir.

Stokların yavaş değişimi sonucu oluşan gecikmeler sistemlerde sorunlara yol açabilir ancak bu gecikmeler aynı zamanda sistemde kararlılığın kaynağı da olabilirler. Oluşumu yüzyıllar alan toprak nadiren bir anda erozyona uğrar. Birçok beceri edinmiş bir topluluk bunları bir anda unutmaz. Yer altı suyunu, kaynağın kendini yenileme hızından daha büyük bir hızla uzunca bir süre pompalayabilirsiniz. Ta ki yer altı tabakası artık zarar veremeyeceğiniz kadar aşağı çekilene kadar. Stokların dayattığı gecikme süreleri; önlem alma ve deney yapma, işe yaramayan politikaları gözden geçirme olanağı sağlar.

Stokların değişim hızları hakkında bir fikriniz varsa, bir şeylerin olabileceğinden daha hızlı değişmesini beklemezsiniz. Erkenden pes etmezsiniz. (Bir judo oyuncusunun hedefine ulaşmak için rakibinin ataletinden yararlanması gibi bir sistemin ataletinin sunduğu fırsatları kullanarak sistemi iyi bir sonuca doğru yönlendirebilirsiniz.)

Stoklar, giriş ve çıkış akışlarının birbirinden ayrışmış ve bağımsız olmalarına, birbiriyle geçici olarak dengesiz durumda olmalarına olanak tanır.

Sistemlerde stokların rolü hakkında önemli bir ilke daha var, bu ilke de bizi doğrudan geri besleme kavramına götürecek. Stokların varlığı; giriş ve çıkış akışlarının birbirinden bağımsız olmalarına, birbiriyle geçici olarak dengesiz durumda olmalarına olanak tanır.

Eğer benzini rafineride, tam da arabaların benzini tükettiği hızda üretmek gerekseydi, bir petrol şirketi işletmek çok zor olurdu. Orman tam olarak ağaçların büyüdüğü hızda hasat edilemez. Depolama tanklarındaki benzin ve ormandaki odun, akışlardaki kısa dönemli değişkenliklere rağmen, yaşamın belirli bir kesinlik, süreklilik ve öngörülebilirlik içinde ilerlemesine olanak sağlayan stoklardır.

İnsanlar, giriş ve çıkış akışlarını birbirinden bağımsız ve kararlı kılabilmek amacıyla, stoku koruyan yüzlerce mekanizma icat etmiştir. Barajlar, nehrin aşağı kısımlarında yerleşenlerin ve çiftçilerin yaşamlarını ve işlerini, nehrin değişken akışına göre (özellikle taşkın ve sellerde) sürekli ayarlamak zorunda kalmadan sürdürmelerini sağlar. Bankalar, geçici olarak, harcadığınızdan farklı bir hızda para kazanmanıza izin verir. Distribütörlerden toptancılara uzanan zincirdeki ürün envanteri, müşteri talebindeki değişkenliğe karşın, üretimin sorunsuz şekilde ilerlemesine ve üretim hızındaki değişkenliklere rağmen müşteri talebinin karşılanmasına olanak sağlar.

Bireysel ve kurumsal kararların çoğu, stok düzeylerini düzenlemek üzere tasarlanır. Eğer envanter miktarı çok artarsa, fiyatlar düşürülür veya reklam bütçeleri artırılır ki satışlar artsın ve envanter miktarı azalsın. Eğer mutfağınızdaki yiyecek stoku azalırsa alışverişe gidersiniz. Tarlalarda büyüyen ekin stoku arttıkça ya da artışı yavaşladıkça çiftçiler su ya da ilaç müdahalesi yapma kararı verirler, ekin şirketleri hasat için kaç tane mavna kiralayacaklarına karar verir, spekülatörler hasadın gelecek değeri hakkında teklif verir, sığır yetiştiricileri sürülerini büyütme ya da azaltma kararı verir. Barajlardaki su düzeyinin çok fazla artması ya da azalması pek çok düzeltici önlemin alınmasına sebep olur. Aynı durum cüzdanınızdaki para stoku, petrol şirketinin sahip olduğu petrol rezervleri, kâğıt fabrikasındaki odun yongası yığını ve gölde kirliliğe yol açan maddelerin yoğunluğu için de geçerlidir.

İnsanlar stokları sürekli izleyerek onları artırmaya, azaltmaya ya da kabul edilebilir sınırlarda tutmaya yönelik kararlar alır ve eyleme geçerler. Bu kararlar her tür sistemin gelgitlerini, başarı ve sorunlarını beraberinde getirir. Sistem düşünürleri dünyayı, akışları düzenleyerek stokların düzeylerini kontrol etmeye yarayan mekanizmalarıyla birlikte bir stok derlemi olarak görürler.

Başka bir deyişle sistem düşünürleri dünyayı "geri besleme süreçlerinin" toplamı olarak görürler.

Sistem Nasıl Kendisini Çalıştırır: Geri Besleme

> Bilgi geri beslemeli kontrol sistemleri, biyolojik evrimin yavaşlığından tutun da en yeni uyduların uzaya gönderilmesine kadar her türlü yaşam ve insan çabası açısından temeldir. Bireyler, endüstri veya toplum olarak yaptığımız her şey, bilgi geri besleme sistemi bağlamında gerçekleşir.
>
> —Jay W. Forrester[3]

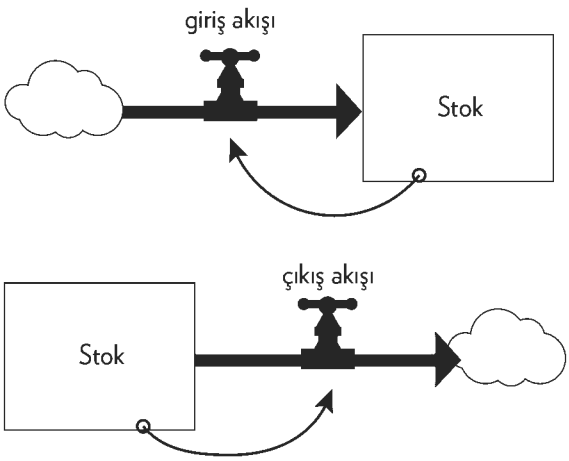
Stok büyük bir hızla arttığında veya azaldığında ya da etrafında her ne olursa olsun belirli bir aralık içinde tutulduğunda, olasılıkla bir kontrol mekanizması iş başındadır. Başka bir deyişle zaman boyunca azimle devam eden bir davranış görüyorsanız, söz konusu tutarlı davranışı yaratan bir mekanizma olması olasıdır. Böyle bir mekanizma **geri besleme döngüsü** yoluyla çalışır. Uzun bir zaman boyunca gözlenen tutarlı davranış örüntüsü, bir geri besleme döngüsünün varlığına ilişkin ilk işarettir.

Bir stoktaki değişiklikler, aynı stokun giriş veya çıkış akışlarını etkilediği zaman, bir geri besleme döngüsü oluşur. Bir geri besleme döngüsü son derece basit ve doğrudan olabilir. Bir bankadaki faizli mevduat hesabını düşünün. Hesaptaki toplam para miktarı (stok), hesaba faiz olarak ne kadar para geleceğini etkiler. Bunun nedeni, hesabın her yıl belirli bir oranda faiz kazanmasına yönelik bir banka kuralının olmasıdır. Her yıl hesaba ödenen toplam faiz (giriş akışı) sabit bir tutar değildir, hesaptaki paranın toplam büyüklüğüyle değişir.

Her ay cari hesabınıza ait hesap özetinizi aldığınızda, tam anlamıyla doğrudan bir geri besleme döngüsü deneyimlemiş olursunuz. Cari hesabınızdaki kullanılabilir nakit düzeyi (stok) azalırsa daha uzun çalışmaya ve daha çok para kazanmaya karar verebilirsiniz. Banka hesabınıza giren para, nakit stokunuzu daha arzulanır bir düzeye çıkarmak için ayarlayacağınız bir akıştır. Eğer banka hesabınızdaki para çok artarsa, kendinizi daha az çalışma konusunda özgür hissedebilirsiniz –böylelikle giriş akışını azaltabilirsiniz. Bu tür bir geri besleme döngüsü, kullanılabilir nakit düzeyinizi, sizin açınızdan kabul edilebilir bir aralıkta tutar. Kazançlarınızı ayarlamanın, nakit stokunuza etki eden tek geri besleme döngüsü olmadığını görebilirsiniz. Örneğin, hesabınızdan para çıkış akışını da ayarlayabilirsiniz. Harcamalarınız için çıkış akışı düzenleyen bir geri besleme döngüsü de düşünebilirsiniz.

Geri besleme döngüleri; stok düzeylerinin belirli bir aralık içinde korunmasına, artırılmasına ya da azaltılmasına neden olabilir. Her durumda, stokun içine ya da dışına doğru olan akışlar, stokun kendi büyüklüğündeki değişimler sebebiyle ayarlanır. Stokun düzeyini izleyen her kim ya da her ne ise, bir düzeltici süreç başlatarak giriş akışını ya da çıkış akışını (veya ikisini birden) ayarlar ve stokun

düzeyini değiştirir. Stok düzeyi, kendi kendini kontrol etmek için bir dizi işaret ve eylem aracılığıyla geri besleme yapar.



Şekil 8. Geri besleme döngüleri olan bir stok-akış diyagramı nasıl okunur? Her bir diyagram; stoku, stoku değiştiren akışı ve eylemi yönlendiren bilgi bağlantısını (ince, eğri bir ok şeklinde gösterilmiştir) ayrı ayrı gösterir. Eylem veya değişikliğin her zaman akışların ayarlanması yoluyla gerçekleştiğini vurgulamaktadır.

Tüm sistemlerde geri besleme döngüleri bulunmayabilir. Bazı sistemler görece basit, açık uçlu stok ve akış zincirleridir. Zincir dış etkenlerden etkilenebilir fakat zincirin stoklarının düzeyi, akışlarını etkilemez. Bununla beraber geri besleme döngüleri içeren sistemler yaygındır ve göreceğimiz üzere son derece şık ve oldukça şaşırtıcı olabilirler.

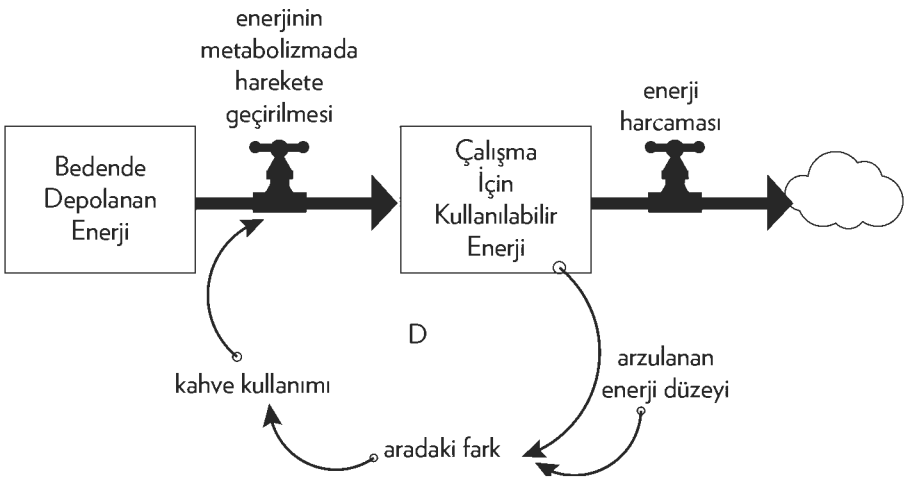
Geri besleme döngüsü, stok seviyesine bağlı olan bir dizi karar, kural, fizik yasası ve eylem yoluyla, stoktan çıkıp akış yoluyla tekrar stoka dönen, kapalı bir nedensel bağlantılar zinciridir.

Stabilize Eden Döngüler - Dengeleyici Geri Besleme

Stok seviyesini dengeleyen yaygın bir geri besleme döngüsü, cari hesap örneğidir. Stok düzeyi tamamen sabit kalmayabilir; yine de kabul edilebilir bir aralık içinde kalır. Aşağıda size tanıdık gelecek başka stabilize eden geri besleme örnekleri bulacaksınız. Bu örnekler, geri besleme döngüsündeki başka aşamaları detaylandırmaya başlayacak.

Eğer kahveyi çok içenlerdenseniz enerji düzeyiniz azaldığında bir fincan sıcak kahve içererek tekrar canlanabilirsiniz. Kahve seven biri olarak zihninizde, arzu edilen bir stok düzeyi (çalışma enerjisi) vardır. Bu kafein sağlama sisteminin amacı, gerçek stok düzeyinizi, arzulanan düzeyde ya da ona yakın bir seviyede tutmaktır. (Başka amaçlarla da kahve içiyor olabilirsiniz: aromasından hoşlanmak veya sosyalleşmek gibi.) Günlük kafein alımınızı ayarlamaya yönelik kararlarınızı

belirleyen, çalışma enerjinizin gerçek düzeyi ile arzulanan düzeyi arasındaki farktır.



Şekil 9. Bir kahve tüketicisinin enerji düzeyi.

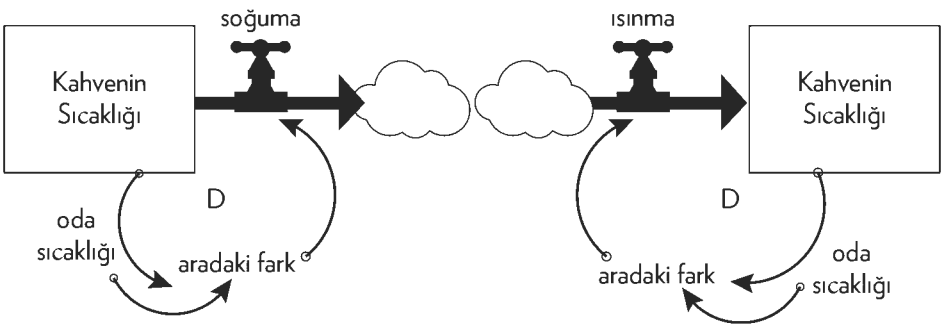
Bu kitaptaki tüm diğer diyagram değişken adları gibi Şekil 9'daki değişken adlarının de yönsüz olduğuna dikkat edin. Değişken adında "*düşük enerji düzeyi*" yerine "*bedende depolanan enerji*", "*daha fazla kahve*" yerine "*kahve kullanımı*" denmektedir. Bunun nedeni geri besleme döngülerinin çoğu zaman her iki yönde de çalışabilmesidir. Bu durumda geri besleme döngüsü, az tedarik kadar fazla tedariği de düzeltebilir. Çok fazla kahve içerseniz ve enerji patlaması yaşarsanız, bir süreliğine kafeini bırakırsınız. Yüksek enerji, "çok fazla" diyen bir tutarsızlık oluşturacak, bu da enerji düzeyiniz dengeye kavuşuncaya kadar kahve alımınızı azaltmanıza neden olacaktır. Diyagram, döngünün, enerji stokunu her iki yöne de yönlendirecek şekilde çalıştığını göstermeyi amaçlamaktadır.

Enerji giriş akışını, bir buluttan gelecek şekilde gösterebilirdim ama bunun yerine sistem diyagramını biraz daha karmaşık hale getirdim. *Tüm sistem diyagramlarının gerçek dünyanın basitleştirilmiş halleri olduğunu hatırlayın.* Her birimiz ne boyutta bir karmaşıklığa bakacağımızı kendimiz seçiyoruz. Bu örnekte farklı bir stok –bedende kafein tarafından etkinleştirilebilecek depolanmış enerji– çizdim. Bunu, sistemde tek bir basit döngüden daha fazlası olduğunu göstermek için yaptım. Kahve içen herkesin bildiği gibi, kafein sadece kısa süreli bir uyarıcıdır. Motorunuzu daha hızlı kullanmanızı sağlar ama yakıt deponuzu doldurmaz. Eninde sonunda kafeinin sağladığı enerji seviyesi düşer ve bedeni eskisinden daha büyük bir enerji açığıyla bırakır. Bu düşüş, geri besleme döngüsünü yeniden etkinleştirip bizi tekrar kahve almaya yollayabilir. (Kitabın ilerleyen sayfalarında ele alı-

nan bağımlılık konusundaki tartışmaya bakınız.) Veya bu düşüş, bazı uzun erimli ve daha sağlıklı geri besleme yanıtlarına da yol açabilir: Biraz yemek ye, yürüyüşe çık, biraz uyu.

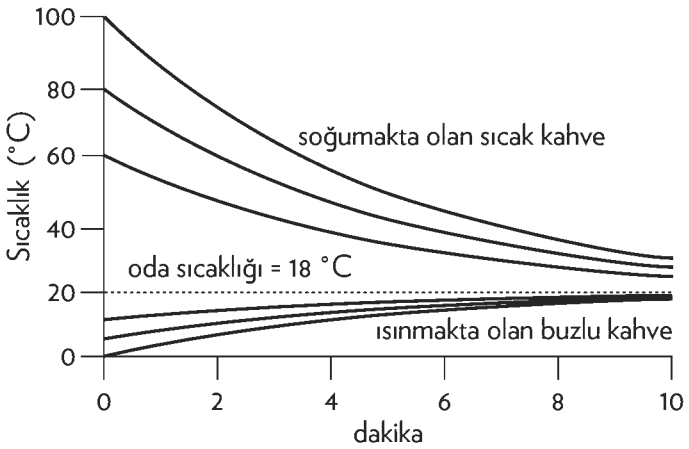
Bu tür stabilize eden, hedefe yönelen düzenleyici döngülere **dengeleyici geri besleme döngüsü** denir; bu yüzden diyagramdaki döngünün içine bir D yerleştirdim. Dengeleyici geri besleme döngüleri *hedefe* ya da *dengeye* yöneliktir. Her biri stoku, belirli bir değerde ya da belirli değerler aralığında tutmaya çalışır. Dengeleyici geri besleme döngüsü, sisteme dayatılan değişime, bu değişimin yönü ne olursa olsun karşı koyar. Bir stoku çok artırdığınızda, dengeleyici döngü onu aşağı çekmeye çalışır. Stok düzeyini çok aşağıya çektiğinizde dengeleyici döngü bu kez onu artırmaya çalışacaktır.

Burada, kahve içeren başka bir dengeleyici geri besleme döngüsü var ancak bu döngü insan kararıyla değil fizik yasalarıyla çalışıyor. Fincandaki sıcak kahve, yavaş yavaş soğuyarak oda sıcaklığına ulaşacaktır. Soğuma hızı, kahve sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farka bağlıdır. Bu fark ne kadar büyükse, kahve o kadar hızlı soğuyacaktır. Bu döngü, sıcak bir günde buzlu kahve yaptığınızda, diğer yönde de çalışır; kahve odayla aynı sıcaklığa ulaşıncaya kadar ısınmaya devam eder. Bu sistemin işlevi, sıcaklık farkının yönü ne olursa olsun, kahve sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farkın sıfıra inmesini sağlamaktır.



Şekil 10. Soğuyan (solda) ya da ısınan (sağda) bir fincan kahve.

Şekil 11'deki grafikler, kaynama noktasının hemen altındaki sıcaklıklardan donma noktasının hemen üzerindeki sıcaklıklara kadar, farklı sıcaklıklardaki kahveyle başladığımızda, zaman boyunca sıcaklığa ne olacağını gösteriyor (kahveyi içmezseniz). Burada dengeleyici bir geri besleme döngüsünün yuvaya dönme davranışını görebilirsiniz. Geri besleme döngüsü, sistem stokunun (bu örnekte kahvenin sıcaklığı) başlangıç değeri "hedefin" (oda sıcaklığı) üzerinde de olsa altında da olsa, onu hedefe doğru getirir. Bu değişim başlarda daha hızlıyken daha sonra stok ile hedef arasındaki farkın azalmasıyla yavaşlar.



Şekil 11. 18 °C'deki oda sıcaklığına yaklaşan kahve sıcaklığı.

Bu davranış örüntüsü –sistem tarafından tanımlanmış hedefe kademeli olarak yaklaşmak– radyoaktif bir element bozunduğunda, bir füze hedefini bulduğunda, bir varlık değer kaybettiğinde, baraj seviyesi artarak ya da azalarak arzulanan düzeye ulaştığında, bedeniniz kanşeker seviyesini ayarladığında, arabanızı kırmızı ışıkta durdurduğunuzda da görülebilir. Daha birçok örnek düşünebilirsiniz. Dünya hedef yönelimli döngülerle doludur.

Dengeleyici geri besleme döngüleri, sistemlerde dengeleyici veya hedefe yönelen yapılardır ve hem kararlılık hem de değişime direnç kaynaklarıdır.

Bir geri besleme mekanizmasının varlığı, mekanizmanın mutlaka *iyi* çalışacağı anlamına gelmez. Geri besleme mekanizması, stoku arzulanan düzeye geri getirmek için yeterince güçlü olmayabilir. Geri beslemeler –karşılıklı bağlantılar, sistemin bilgi kısmı– birçok nedenle başarısız olabilir. Bilgi çok geç gelebilir veya yanlış yere gelebilir. Belirsiz, eksik veya yorumlaması zor olabilir. Tetiklediği eylem çok zayıf, gecikmiş, kaynak kısıtlı veya etkisiz olabilir. Stok gerçekte, geri besleme döngüsünün hedefine asla ulaşamayabilir. Ama basit bir fincan kahve örneğinde, içecek eninde sonunda oda sıcaklığına ulaşacaktır.

Denetimsiz Döngüler - Pekiştirici Geri Besleme

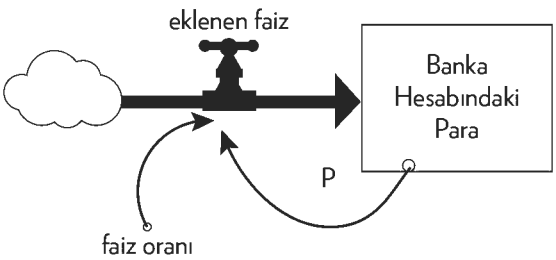
> Beynimi tazelemek için dinlenmem gerekir, dinlenmek için seyahat etmem lazım, seyahat etmek için paran olması gerekir, para kazanmak için çalışmak şart... tam bir kısır döngü içindeyim... kaçmanın imkânsız olduğu...
>
> —Honoré Balzac,[4] 19. yüzyıl roman ve oyun yazarı

> Bu noktada çok önemli bir özellikle karşılaşıyoruz. Bu sanki döngüsel bir akıl yürütme gibi görülebilir; yatırımlar düştüğü için kârlar düştü ve kârlar düştüğü için yatırımlar düştü.
>
> —Jan Tinbergen,[5] ekonomist

İkinci bir geri besleme döngüsü türü, yükseltici, pekiştirici, kendini katlayan, çığ gibi büyüyen, sağlıklı büyümeye ya da denetimsizce yıkıma yol açabilen, kısır ya da verimli bir döngüdür. Bu döngüye **pekiştirici geri besleme döngüsü** adı verilir ve diyagramlarda P ile gösterilir. Pekiştirici döngü, stokta var olan arttıkça stoka daha fazla girdi sağlar – ve stokta var olan azaldıkça daha az girdi sağlar. Pekiştirici geri besleme döngüsü, sisteme dayatılan değişimin yönü ne olursa olsun onu güçlendirir.

Örneğin:

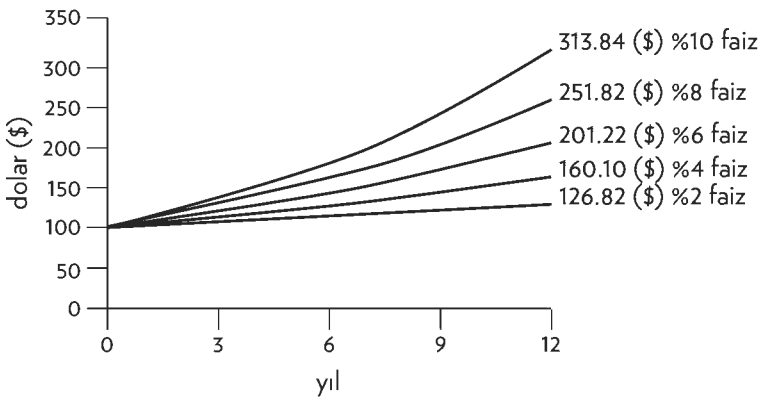
- Çocukken erkek kardeşim beni ne kadar fazla iterse ben de onu o kadar geri iterdim; böylelikle o beni ne kadar fazla ittiyse ben de onu o kadar fazla geri ittim.
- Fiyatlar ne kadar artarsa, insanların yaşam standartlarını sürdürebilmesi için ücretlerin de o kadar artması gereklidir. Ücretler ne kadar artarsa kârları korumak için fiyatların da o kadar artması gereklidir. Bu da ücretlerin tekrar artması gerektiği ve dolayısıyla fiyatların da tekrar artacağı anlamına gelir.
- Ne kadar fazla tavşan varsa, yavrulayacak o kadar yetişkin tavşan olur. Ne kadar fazla yavru tavşan varsa, o kadar yetişkin olacak tavşan vardır, onlar da daha da fazla yavru tavşan yaparlar.
- Ne kadar fazla toprak erozyona uğrarsa, o kadar az bitki büyüyebilir ve toprağı tutacak daha az kök olur, bunun sonucunda daha fazla toprak erozyona uğrar ve daha da az bitki büyür.
- Ne kadar fazla piyano çalma alıştırması yaparsam, çıkan sesten o kadar fazla zevk alırım ve daha fazla piyano çalarım ve böylelikle daha fazla alıştırma yaparım.



Şekil 12. Faizli banka hesabı.

Pekiştirici döngüler, bir sistem parçasının kendisini yeniden üretebildiği veya kendisinin sabit bir kesri olarak büyüyebildiği tüm durumlarda görülür. Bu unsurlar nüfusları ve ekonomileri içerir. Faizli banka hesabı örneğini hatırladınız mı? Bankadaki paranız ne kadar fazla ise o kadar fazla faiz elde edersiniz ve bu faiz de bankada olan paranıza eklenir ve böylelikle daha da fazla faiz elde edersiniz.

Şekil 13, hesapta 100 dolarla başlandığı, 12 yıl boyunca hesaba para yatırılmadığı ve hesaptan para çekilmediği varsayımıyla, bu pekiştirici döngünün parayı nasıl çoğalttığını göstermektedir. Beş eğri, yıllık yüzde 2'den yüzde 10'a değişen oranlarda 5 farklı faiz oranını göstermektedir.

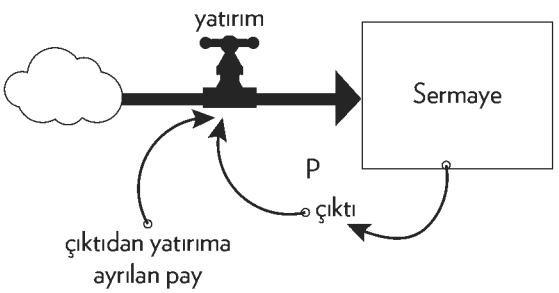


Şekil 13. Farklı faiz oranlarıyla tasarruflardaki artış.

Bu, basit doğrusal bir büyüme değildir. Büyüme zaman boyunca sabit kalmamaktadır. Düşük faiz oranlarında hesabın büyümesi, ilk birkaç yıl için doğrusal görünebilir. Ama aslında büyüme giderek hızlanmaktadır. Miktar arttıkça, üzerine daha fazla eklenir. Bu tür büyümeye "üstel" büyüme denir. Büyüyen şeyin ne olduğuna (bankadaki para, HIV/AIDS hastaları, mısır tarlasındaki zararlılar, ulusal ekonomi veya silahlanma yarışındaki silahlar) bağlı olarak bu, iyi ya da kötü haberdir.

Şekil 14'te görüldüğü gibi ne kadar fazla makine ve fabrikaya (topluca "sermaye" denilebilir) sahipseniz, o oranda mal ve hizmet ("çıktı") üretebilirsiniz. Ne kadar fazla çıktı üretebilirseniz, o kadar fazla yeni makine ve fabrika yatırımı yapabilirsiniz. Ne kadar fazla üretirseniz, daha fazlasını üretecek o kadar fazla kapasiteniz olur. Bu pekiştirici geri besleme döngüsü, bir ekonomide büyümenin merkezi motorudur.

Pekiştirici geri besleme döngüleri, kendi kendini geliştirir ve zaman içinde ya üstel büyümeye ya da denetimsiz çöküşlere yol açar. Bu döngüler, bir stokun kendini güçlendirme ya da yeniden üretme kapasitesi olduğunda ortaya çıkar.



Şekil 14. Sermayeye yeniden yatırım.

Şimdiye kadar, temel dengeleyici ve pekiştirici geri besleme döngülerinin sistemler açısından ne anlama geldiğini anlamaya başlamış olmalısınız. Bazen öğrencilerimi içinde bir geri besleme döngüsü *olmadan* verilen herhangi bir karar hakkında düşünmeye zorlarım. Böyle bir karar, etkilediği stokun düzeyi hakkında herhangi bir bilgiyi dikkate almaksızın verilen bir karardır. Siz de böyle bir düşünce üzerinde durmaya çalışın. Bu alıştırmayı ne kadar fazla yaparsanız, geri besleme döngülerinin her yerde olduğunu o kadar çok görmeye başlayacaksınız.

Öğrencilerin önerdiği en yaygın "geri beslemesiz" kararlar aşık olma ve intihar etmedir. Bunların *gerçekten* de geri besleme olmaksızın alınan kararlar olup olmadığı değerlendirmesini size bırakıyorum.

PEKİŞTİRİCİ DÖNGÜLER VE İKİ KATINA ÇIKMA SÜRESİ HAKKINDA İPUCU

Pekiştirici döngülerle sık sık karşılaştığımız için bu kestirmeyi bilmek yararlı olacaktır: Üstel olarak büyüyen bir stokun büyüklüğünün iki katına çıkma süresi olan "ikiye katlanma süresi", yaklaşık olarak 70'in büyüme oranına (yüzde olarak ifade edilir) bölünmesiyle elde edilebilir.

Örnek: Eğer bankaya 100 doları, yıllık %7'lik faiz ile yatırırsanız, paranız 10 yılda iki katına çıkar (70 ÷ 7 = 10). Eğer sadece %5 faiz alırsanız, paranız 14 yılda iki katına çıkacaktır.

Dikkat edin! Geri besleme döngülerini her yerde görüyorsanız, zaten sistem düşünürü haline gelme tehlikesiyle karşı karşıyasınız! Yalnızca A'nın B'ye neden olduğunu görmekle kalmayıp B'nin *de* A'yı nasıl etkileyebileceğini ve A'nın kendisini nasıl pekiştirebileceğini ya da tersine çevirebileceğini merak etmeye başlayacaksınız. Akşam haberlerinde Amerikan Merkez Bankası'nın ekonomiyi kontrol etmek için bir şey yaptığını duyduğunuzda, aynı zamanda ekonominin de Amerikan Merkez Bankası'nı etkileyecek bir şey yaptığını göreceksiniz. Birisi nüfus artışının yoksulluğa neden olduğunu söylediğinde, kendinize yoksulluğun nasıl nüfus artışına yol açabileceğini soracaksınız.

BUNU DÜŞÜNÜN

Eğer A, B'ye neden olursa B'nin de A'ya neden olması mümkün müdür?

Statik değil, dinamik bir dünyayı göz önüne alarak düşüneceksiniz. Suçlayacak birisini aramayı bırakıp, onun yerine, "Sistem nedir?" diye sormaya başlayacaksınız. Geri besleme kavramı, bir sistemin kendi davranışına neden olabileceği düşüncesini de ortaya çıkarır.

Şimdiye kadar bu tartışmayı her seferinde bir tek geri beslemeyle sınırladım. Elbette gerçek sistemlerde geri besleme döngüleri nadiren tek başına ortaya çıkar. Geri besleme döngüleri çoğu zaman olağanüstü karmaşık örüntülerle birbirleriyle bağlantılıdır. Tek bir stok, büyük olasılıkla onu çeşitli yönlere çeken, farklı güçlerde birkaç pekiştirici ve dengeleyici döngüye sahiptir. Tek bir akış, 3 veya 5 veya 20 stokun içerikleri tarafından ayarlanabilir. Bir stoku doldururken diğerini boşaltabilir ve bir başka stoku değiştiren kararları besleyebilir. Bir sistemdeki pek çok geri besleme döngüsü, birbirini çekiştirerek stokları büyütmeye, tüketmeye ya da birbiriyle dengeye getirmeye çalışır. Sonuç olarak, ileride göreceğimiz gibi karmaşık sistemler, sabit kalmaktan, üstel olarak artmaktan veya sorunsuz şekilde hedeflere yaklaşmaktan fazlasını yapar.

— İKİ —

Sistem Bahçesine Kısa Bir Ziyaret

Tüm teorilerin amacı, temel unsurları –hiçbir deneyimin yeterli derecede gösteriminden ödün vermeksizin– olabildiğince az ve basit hale getirmektir.

—Albert Einstein,[1] fizikçi

Yeni bir şey öğrenmenin iyi yollarından birisi, soyutlamalar ve genellemeler yerine, belirli örnekler üzerinden gitmektir, bu nedenle burada, kendi başlarına anlaşılması yararlı ve karmaşık sistemlerin birçok genel ilkesini gösterecek olan yaygın, basit ama önemli pek çok sistem örneği verilmiştir.

Bu örnek derleme, bir hayvanat bahçesi[2] ile aynı güçlü ve zayıf yönlere sahiptir. Dünyada var olan çeşitli sistemler hakkında size bir fikir vermekle birlikte, bu çeşitliliği tam olarak temsil edemez. Bu derleme, hayvanları aile bazında gruplandırır –maymunlar buraya, ayılar oraya (tek stoklu sistemler buraya, iki stoklu sistemleri oraya)– böylece ayıların karşısında maymunların karakteristik davranışlarını gözlemleyebilirsiniz. Ancak, aynı zamanda bir hayvanat bahçesindeki gibi çok düzenlidir. Hayvanları görünür ve anlaşılır hale getirmek için onları birbirlerinden ve normal saklanma ortamlarından ayırmaktadır. Tıpkı hayvanat bahçesindeki hayvanların ekosistemlerde daha doğal olarak birbirine karışmış halde görüldüğü gibi, burada ifade edilen sistem türleri de normalde birbirleriyle ve burada gösterilmeyen diğerleriyle bağlantı kurmakta ve etkileşime girmektedir –hepsi, içinde yaşadığımız; vızıldayan, öten, cıvıldayan ve değişen karmaşıklığı oluşturarak.

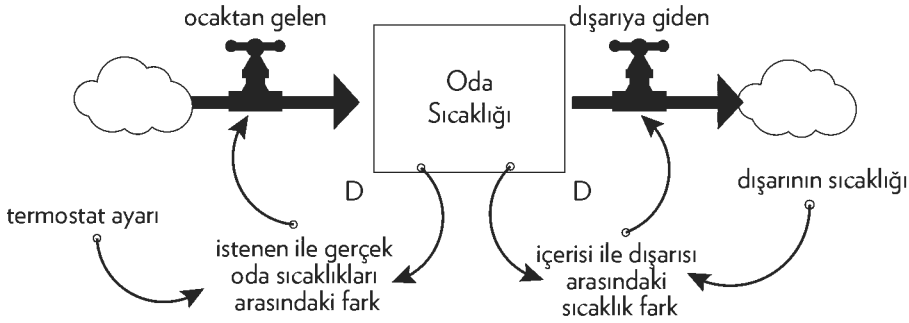
Ekosistemler daha sonra gelir. Şimdilik, her seferinde bir sistem türüne bakalım.

Tek Stoklu Sistemler

İki Rakip Dengeleyici Döngüye Sahip Bir Stok - Bir Termostat

Hedefe yönelen, dengeleyici geri besleme döngüsünün "yuvaya dönme" davranışını zaten gördünüz (soğuyan kahve fincanı). Tek bir stoku iki farklı hedefe doğru sürüklemeye çalışan böyle iki döngü varsa ne olur?

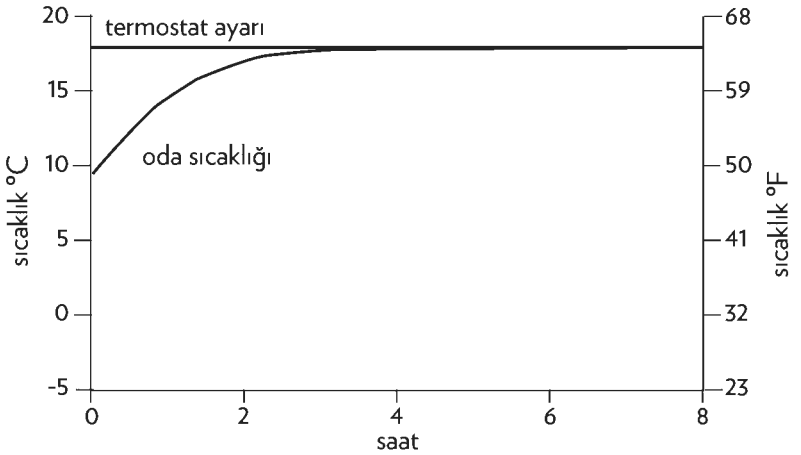
Böyle bir sistemin bir örneği, odanızın ısınmasını düzenleyen termostat mekanizmasıdır –veya kalorifer yerine bir klimaya bağlıysa soğutma mekanizmasıdır. Tüm modeller gibi, bir termostatın Şekil 15'teki gösterimi, gerçek bir ev ısıtma sisteminin basitleştirilmiş halidir.



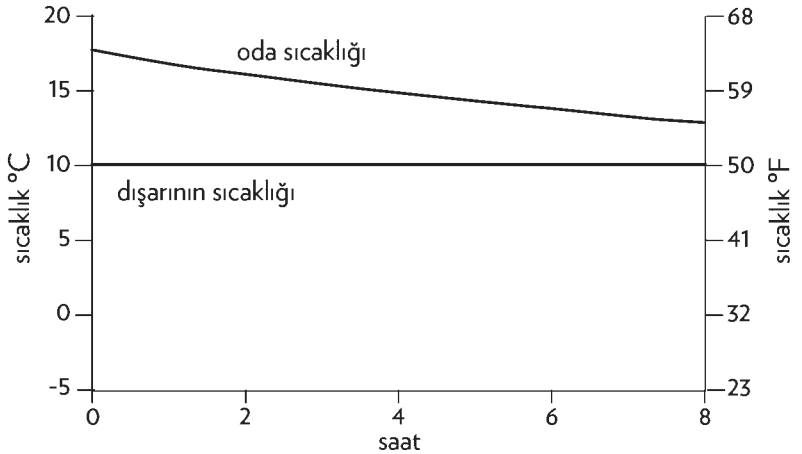
Şekil 15. Termostat ve kalorifer tarafından düzenlenen oda sıcaklığı.

Oda sıcaklığı termostat ayarının altına düşer düşmez, termostat bir farklılık tespit eder ve kaloriferden ısı akışını açarak odayı ısıtan bir sinyal gönderir. Oda sıcaklığı tekrar yükseldiğinde, termostat ısı akışını kapatır. Bu basit, stoku koruyan, dengeleyici geri besleme döngüsü Şekil 15'in sol tarafında gösterilmektedir. Sistemde başka bir şey yoksa ve soğuk bir odada termostat 18 °C (65 °F) olarak ayarlanmış başlarsanız, sistem Şekil 16'da gösterildiği gibi davranır. Kalorifer açık duruma gelir ve oda ısınır. Oda sıcaklığı termostat ayarına ulaştığında, kalorifer kapalı duruma geçer ve oda doğrudan hedef sıcaklıkta kalır.

Ancak sistemdeki tek döngü bu değildir. Sıcaklık aynı zamanda dışarıya da sızar. Sıcaklık çıkışı, Şekil 15'in sağ tarafında gösterilen ikinci dengeleyici geri besleme döngüsü tarafından yönetilmektedir. Bu döngü, oda sıcaklığını, tıpkı bir kahve fincanının soğuması olayındaki gibi, her zaman dışarıdaki sıcaklığa eşitlemeye çalışmaktadır.



Şekil 16. Soğuk bir oda hızlı bir şekilde termostat ayarına kadar ısınır.



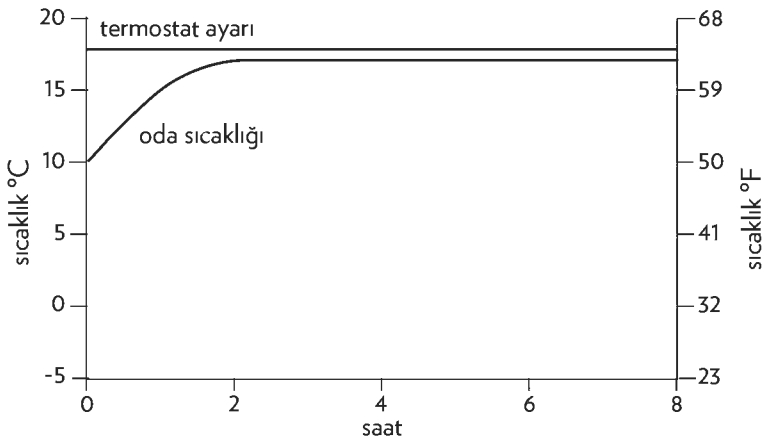
Şekil 17. Ilık bir oda yavaş yavaş 10 °C dış sıcaklığa düşer.

Bu, sistemdeki tek döngü olsaydı (kalorifer olmasaydı) Şekil 17, soğuk bir günde ılık bir odadan başlandığında ne olacağını gösterirdi.

Buradaki varsayım, oda yalıtımının mükemmel olmadığı ve bu nedenle ılık odadan, soğuk dış ortama bir miktar ısı kaybının olduğudur. Yalıtım ne kadar iyi olursa, sıcaklıktaki düşüş de o kadar yavaş olur.

Şimdi, bu iki döngü aynı anda çalıştığında ne olur? Yeterli yalıtım ve uygun boyutta bir kalorifer olduğu varsayıldığında, ısıtma döngüsü soğutma döngüsüne

baskın çıkar. Soğuk bir günde, soğuk bir odadan başlayarak bile ılık bir odaya ulaşırsınız (bkz. Şekil 18).



Şekil 18. Isı odadan sızmaya devam etse bile kalorifer serin bir odayı ısıtır.

Oda ısındıkça, içeriden dışarıya akan ısı artar çünkü iç ve dış sıcaklıklar arasında daha büyük bir fark vardır. Ancak kalorifer, dışarıya kaybedilen miktardan daha fazla ısı yaymaya devam etmekte, bu nedenle oda neredeyse hedef sıcaklığa kadar ısınmaktadır. Bu noktada, kalorifer odadan dışarı sürekli sızan ısıyı telafi ettiği için kapanıp açılmaktadır.

Bu simülasyonda termostat 18 °C'ye (65 °F) ayarlanmaktadır ancak oda sıcaklığı 18 °C'nin (65 °F) biraz altında kalır. Bunun nedeni, kalorifer ısı kaybını telafi etmek için sinyal alırken bile, dışarıya sızıntının devam etmesidir. Bu, rakip dengeleyici döngülere sahip bir sistemin karakteristik ve bazen de şaşırtıcı davranışıdır. Altında delik olan bir kovayı dolu tutmaya çalışmak gibidir. İşleri daha da kötüleştirmek için delikten sızan su bir geri besleme döngüsü tarafından yönetilir; kovada ne kadar çok su varsa, delikteki su basıncı o kadar artar, böylece dışarı akış artar! Bu durumda, odayı dışarıdan daha sıcak tutmaya çalışıyoruz ve oda ne kadar sıcaksa, dışarıya doğru da o kadar hızlı ısı kaybediyor. Kaloriferin artan ısı kaybını düzeltmesi zaman alıyor –ve o sırada hâlâ daha fazla ısı dışarı sızıyor. İyi yalıtılmış bir evde, sızıntı daha yavaş olacak ve bu nedenle bu ev, kötü yalıtımlı bir evden, hatta kötü yalıtımlı ama büyük kalorifer kazanlı bir evden de daha konforlu olacaktır.

Ev ısıtma sistemlerinde insanlar, termostatı hedefledikleri gerçek sıcaklıktan biraz daha yükseğe ayarlamayı öğrenmişlerdir. Tam olarak ne kadar yüksek olması gerektiği aldatıcı bir soru olabilir çünkü soğuk günlerde ısı kaybetme hızı sıcak

günlerden daha yüksektir. Ancak termostatlar için bu kontrol ciddi bir sorun değildir. Sizin için uygun olan termostat ayarını bir şekilde bulursunuz.

Aynı rakip dengeleyici döngü yapısına sahip diğer sistemlerde, stokun, siz onu kontrol etmeye çalışırken değişmeye devam etmesi gerçek sorunlar yaratabilir. Örneğin, bir mağaza envanterini belirli bir düzeyde tutmaya çalıştığınızı düşünelim. Bir anda ortaya çıkan bir stok açığını kapatmak için hemen yeni sipariş veremezsiniz. Siparişin gelmesini beklerken satılacak olan malları hesaba katmazsanız, envanteriniz asla yeterince yüksek olmayacaktır. Nakit dengesini veya barajdaki suyu belirli bir seviyede tutmaya çalıştığınızda veya süregiden bir reaksiyon sisteminde bir kimyasalın yoğunluğunu korumaya çalıştığınızda da aynı şekilde aldanabilirsiniz.

Burada, önemli bir genel ilke ve termostat yapısına özel bir ilke var. Önce genel olan: Bir geri besleme döngüsü tarafından iletilen bilgiler yalnızca gelecekteki davranışları etkileyebilir; bilgiyi anında iletemez ve bu nedenle mevcut geri beslemeyi yönlendiren davranışı düzeltecek kadar hızlı bir etkisi olamaz. Sistemde, geri beslemeye dayanarak karar veren bir kişi, mevcut geri beslemeye yön veren sistemin davranışını değiştiremez; aldığı kararlar sadece gelecekteki davranışları etkileyecektir.

Bir geri besleme döngüsü tarafından verilen bilgiler -fiziksel olmayan geri beslemeler bile- yalnızca gelecekteki davranışları etkileyebilir; mevcut geri beslemeyi yönlendiren davranışı düzeltecek kadar hızlı bir sinyal gönderemez. Fiziksel olmayan bilgilerin bile sisteme geri beslemede bulunması zaman alır.

Bu neden önemlidir? Çünkü bu, tepki vermede her zaman gecikmeler olacağı anlamına geliyor. Bir akışın diğer bir akışa anında tepki veremeyeceğini ifade ediyor. Akış, sadece stoktaki bir değişikliğe ve ancak gelen bilginin kaydı için gereken kısa bir gecikmeden sonra tepki verebilir. Küvette, suyun derinliğini değerlendirmek ve akışları ayarlamaya karar vermek bir anda olur. Birçok ekonomik model bu konuda, tüketim ya da üretimin, fiyattaki bir değişikliğe hemen yanıt verebileceğini varsayarak hata yapar. Gerçek ekonomilerin pek çok ekonomik model gibi davranma eğiliminde olmamasının nedenlerinden biri de budur.

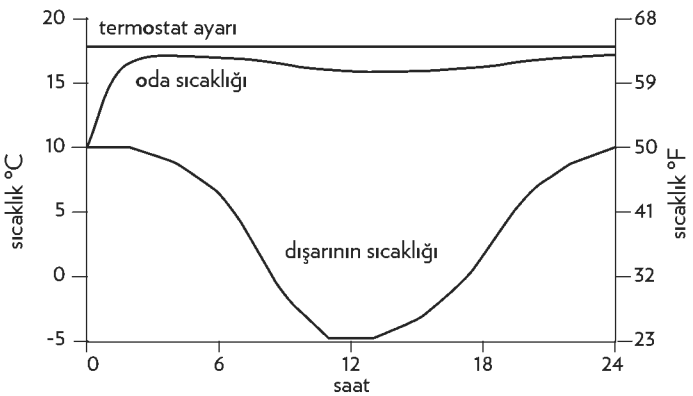
Bu basit sistemden çıkarabileceğiniz özel ilke, termostat benzeri sistemlerde, ne tip boşaltma ya da doldurma süreçlerinin olduğunu hesaba katmanız gerektiğini hatırlamaktır. Bunu yapmazsanız, hedef stok seviyesine ulaşamazsınız. Oda sıcaklığının 18 °C (65 °F) olmasını istiyorsanız, termostatı istenen sıcaklığın biraz üzerine ayarlamanız gerekir. Kredi kartınızı (veya devlet borcunuzu) ödemek istiyorsanız, geri ödeme oranınızı, ödeme yaparken (faiz dahil) yaptığınız masrafları karşılayacak kadar yükseltmeniz gerekir. İş gücünüzün etkinliğini artırmak istiyorsanız, siz işe alım yaparken işten ayrılanları da dikkate alacak şekilde düzeltme

yapmanız ve yeterince hızlı işe alım yapmanız gerekir. Başka bir deyişle sistemle ilgili zihinsel modelinizin, tüm önemli akışları içermesi gerekir aksi takdirde sistemin davranışı sizi şaşırtacaktır.

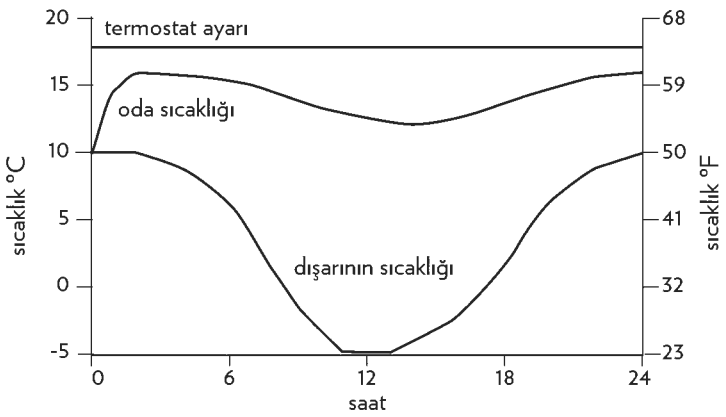
Stoku koruyan, dengeleyici geri besleme döngüsünün hedefi, stoku etkileyen boşaltma ve doldurma akışlarının yarattığı açığı kapatacak şekilde ayarlanmalıdır. Aksi takdirde, geri besleme işlemi stok için hedefin altına düşecek veya onu aşacaktır.

Termostat konusunu kapatmadan önce, değişken dış ortam sıcaklığında nasıl davrandığını görmeliyiz. Şekil 19, iyi çalışan bir termostat sisteminin 24 saatlik normal çalışma süresini göstermektedir; dış sıcaklık, sistemin donma noktasının çok altına düşmektedir. Kaloriferden ısı girişi, dışarıya ısı akışını güzelce izler. Oda bir kez ısındığında odadaki sıcaklık neredeyse hiç değişmez.

Her dengeleyici geri besleme döngüsünün bir kırılma noktası vardır. Bu noktada diğer döngülerin stoku hedefinden uzaklaştırması, dengeleyici döngünün geri çekebileceğinden daha güçlüdür. Böyle bir durum; ısıtma döngüsünün gücünü zayıflatmam (çok fazla ısı veremeyen daha küçük bir kalorifer) veya soğutma döngüsünü güçlendirmem (daha soğuk dış ortam, daha az yalıtım veya daha büyük kayıplar) halinde, simülasyonu yapılan termostat sisteminde de olabilir. Şekil 20, Şekil 19'daki ile aynı dış ortam sıcaklığını ancak daha hızlı ısı kaybıyla neler olduğunu göstermektedir. Çok düşük sıcaklıklarda, kalorifer ısı kaybına ayak uyduramaz. Oda sıcaklığını dış sıcaklığa getirmeye çalışan döngü, sistemde bir süre baskın duruma geçer. Oda oldukça konforsuz hale gelir!



Şekil 19. Kalorifer, odadan ısı kaybı olsa ve dış sıcaklıklar donma noktasının altına düşse bile serin bir odayı ısıtır.



Şekil 20. Soğuk bir günde, ısı kaçakları olan bu evde, kalorifer odayı sıcak tutamaz!

Zaman ilerledikçe, Şekil 20'deki değişkenlerin birbiriyle nasıl ilişkili olduğunu izleyip izleyemeyeceğinize bakın. İlk başta, hem oda hem de dış ortam serindir. Kaloriferden ısı girişi, dışarıya olan sızıntıdan fazladır ve oda ısınır. Bir iki saat boyunca dışarısı, kaloriferin ısı kaybının çoğunu yerine koyabileceği ve böylece oda sıcaklığının istenen sıcaklığa yakın olacağı kadar ılımandır.

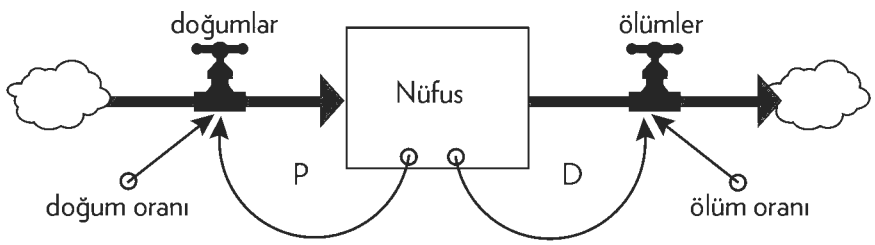
Ancak, dışarının sıcaklığı düştükçe ve ısı kaybı arttıkça, kalorifer ısı kaybını yeterince hızlı yerine koyamaz. Kalorifer dışarıya kaybedilenden daha az ısı ürettiği için oda sıcaklığı düşer. Son olarak; dış sıcaklık tekrar yükselir, ısı kaybı yavaşlar ve hâlâ tam devirde çalışan kalorifer, nihayet odayı tekrar ısıtmaya başlar.

Küvet kurallarında olduğu gibi, kalorifer dışarıya kaybedilenden daha fazla ısı ürettiğinde, oda sıcaklığı yükselir. Giriş akış hızı çıkış akış hızının altına düştüğünde, sıcaklık düşer. Bu grafikteki sistem değişimlerini bir süre incelerseniz ve onları bu sistemin geri besleme döngüsü diyagramıyla ilişkilendirirseniz, sistemin yapısal karşılıklı bağlantılarının –iki geri besleme döngüsü ve birbirlerine göre güçlerinin nasıl değiştiği– zaman içinde sistemin davranışının ortaya çıkmasına nasıl sebep olduğuna dair iyi bir fikir edinirsiniz.

Bir Pekiştirici ve Bir Dengeleyici Döngüsü Olan Bir Stok - Nüfus ve Endüstriyel Ekonomi

Pekiştirici ve dengeleyici bir döngü aynı stoku çekiştirdiğinde ne olur? Bu en yaygın ve önemli sistem yapılarından biridir. Diğer şeylerin yanı sıra, yaşayan her ekonomiyi ve her nüfusu tanımlamaktadır.

Bir nüfusun doğum hızına bağlı olarak büyümesine neden olan bir pekiştirici döngüsü ve ölüm oranına bağlı olarak tükenmesine neden olan bir dengeleyici döngüsü vardır.

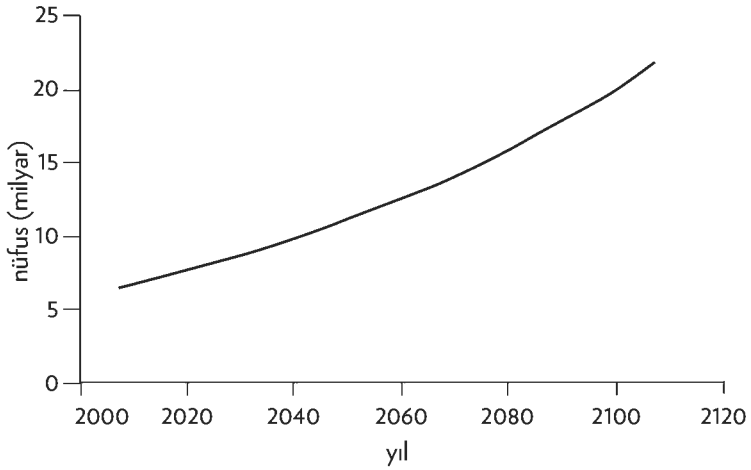


Şekil 21. Doğumların beslediği ve ölümlerin dengelediği nüfus.

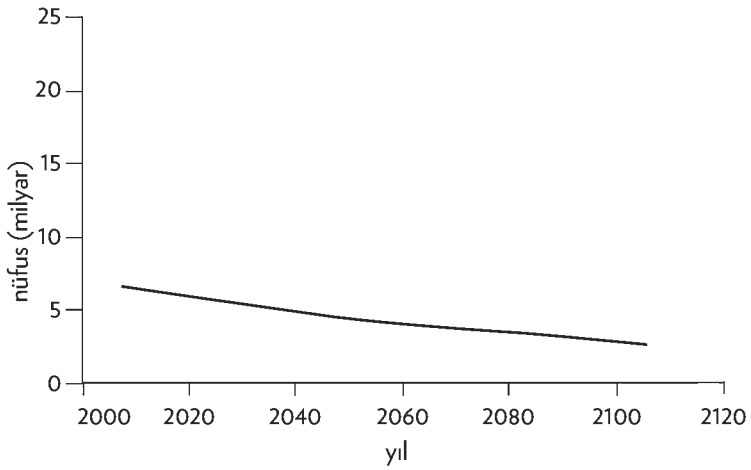
Doğum ve ölüm oranı sabit olduğu sürece –gerçek sistemlerde nadiren öyledir– bu sistemin basit bir davranışı vardır. Sistem; doğumları belirleyen geri besleme döngüsünün ölümleri belirleyen geri besleme döngüsünden daha güçlü olup olmadığına bağlı olarak üstel olarak büyür veya tükenir.

Örneğin, 2007 yılında dünya nüfusu 6,6 milyardı ve doğum oranı, her 1000 kişi için yılda yaklaşık 21'di. Ölüm oranı ise her 1000 kişi için 9'du. Doğum oranı ölüm oranından daha yüksekti ve bu nedenle, pekiştirici döngü sistemde baskın olmuştur. Bu doğum ve ölüm oranları değişmeden devam ederse, bugün doğan bir çocuk, Şekil 22'de gösterildiği gibi, 60 yaşına geldiğinde dünya nüfusunun şimdikinin iki katından fazla olduğunu görecektir.

Korkunç bir hastalık nedeniyle, ölüm oranı, örneğin 1000 kişi başına 30 ölümden daha yüksek olsaydı ve doğum oranı 21'de kalsaydı, ölüm döngüsü sistemde baskın hale gelirdi. Her yıl doğacak olandan daha fazla insan ölür ve nüfus yavaş yavaş azalırdı (Şekil 23).



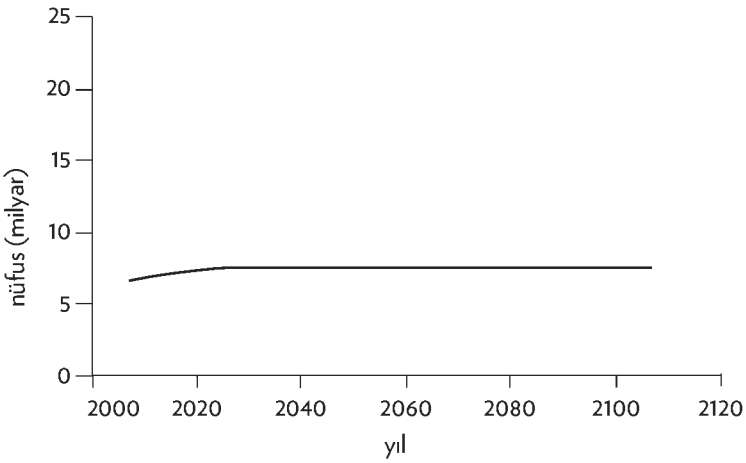
Şekil 22. Nüfus artışı - doğum ve ölüm oranları 2007 seviyesini koruduğu durumda: 1000 kişi başına 21 doğum ve 9 ölüm.



Şekil 23. Doğurganlık 2007 düzeyinde kalıp (1000 kişi başına 21 doğum) ölüm çok daha yüksek olduğunda (1000 kişi başına 30 ölüm) nüfustaki azalma

Doğurganlık ve ölüm zaman boyunca değiştiğinde işler daha ilginç hale gelir. Birleşmiş Milletler uzun erimli nüfus projeksiyonları yaptığında, genellikle ülkeler daha gelişmiş hale geldikçe ortalama doğurganlığın azalacağını varsayar – ortalamada her kadının 1,85 çocuğu olduğu duruma yaklaşır. Yakın zamana kadar, ölüm oranının da düşeceği ama daha yavaş olacağı varsayılıyordu – çünkü dünyanın birçok yerinde zaten düşük. Bununla birlikte, HIV/AIDS salgını nedeniyle BM, önümüzdeki 50 yıl içinde yaşam beklentisinin artma eğiliminin HIV/AIDS'ten etkilenen bölgelerde yavaşlayacağını varsaymaktadır.

Değişen akışlar (doğurganlık ve ölüm oranı) stokun (nüfusun) zaman boyunca davranışında bir değişiklik yaratmakta, çizgi bükülmektedir. Örneğin, dünya doğurganlığı 2035 yılına kadar ölüm oranına eşit seviyeye düşerse, nüfus sabitlenir, doğumlar dinamik bir denge durumunda ölümleri Şekil 24'teki gibi tam olarak dengeler.



Şekil 24. Doğurganlık ölüm oranına eşit olduğunda nüfus dengelenir.

Bu davranış, geri besleme döngülerinin **baskınlığın -diğer döngüye- kaymasına** örnektir. Baskınlık, sistem düşüncesinde önemli bir kavramdır. Bir döngü diğerine baskın olduğunda, davranış üzerinde daha güçlü bir etkiye sahip olur. Sistemler genellikle aynı anda çalışan birkaç rakip geri besleme döngüsüne sahip olduğundan, sistemde baskın olan döngüler davranışı belirler.

İlk başta, doğurganlık ölüm oranından daha yüksek olduğunda, pekiştirici büyüme döngüsü sistemde baskın olur ve ortaya çıkan davranış üstel büyümedir. Ancak bu döngü, doğurganlık düştükçe yavaş yavaş zayıflar. Sonunda, dengeleyici ölüm döngüsünün gücüne tam olarak eşit olur. Bu noktada hiçbir döngü baskın olmaz ve dinamik denge oluşur.

Sistemlerin karmaşık davranışları, genellikle geri besleme döngülerinin göreceli güçleri değiştikçe ortaya çıkar ve önce bir döngünün ve daha sonra diğer bir döngünün davranış üzerinden baskın olmasına sebep olur.

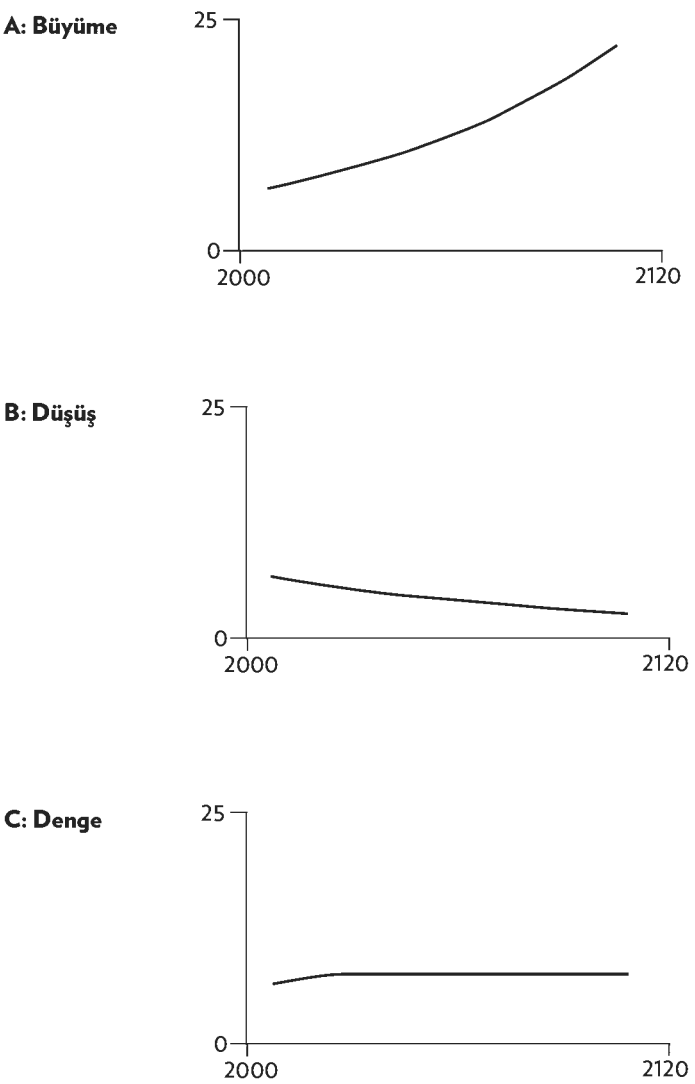
Termostat sisteminde, dış ortam sıcaklığı düşüp kötü yalıtımlı evden dışarı sızan ısı, kaloriferin odaya ısı verme gücünü bastırdığında, baskınlığın –diğer döngüye– kaydığını gördünüz. Baskınlık, ısıtma döngüsünden soğutma döngüsüne geçti.

Bir nüfus sisteminin sergileyebileceği sadece birkaç davranış biçimi vardır ve bu davranışlar "itici" değişkenlere, doğurganlığa ve ölüm oranlarına ne olduğuna bağlıdır. Bunlar sadece bir pekiştirici ve bir dengeleyici döngüye sahip sistemler için mümkündür. Birbiri ile bağlantılı pekiştirici ve dengeleyici döngüler tarafından yönetilen bir stok, pekiştirici döngü dengeleyici olana baskın olursa, üstel büyüyecektir. Dengeleyici döngüsü pekiştirici döngüsüne baskın olursa tükenecektir. İki döngünün eşit kuvvete sahip olması durumunda dengelenecektir (bkz. Şekil 25). Ya da iki döngünün göreceli güçleri zaman boyunca değişirse sıra ile bu durumlara gelir (bkz. Şekil 26).

Modeller ve üretebilecekleri senaryolar hakkında bir noktaya parmak basmak için bazı kışkırtıcı nüfus senaryoları seçtim. Ne zaman bir senaryo ile karşılaşırsanız –ki ekonomik tahmin, şirket bütçesi, hava durumu tahmini, gelecekteki iklim değişikliği, belirli bir holdinge ne olacağını söyleyen bir borsacıyı her duyduğunuzda bu olur– altta yatan modelin gerçek durumu ne kadar iyi yansıttığına karar vermenize yardımcı olacak bazı sorular sormanız gerekir.

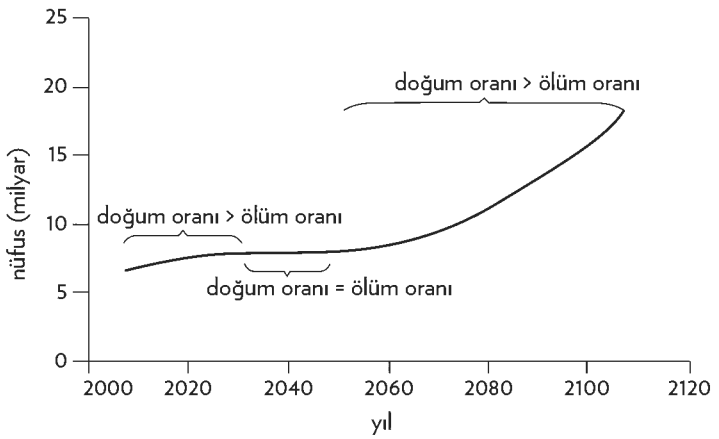
- Yönlendirici etkenlerin bu şekilde ortaya çıkması olası mı? (Doğum ve ölüm oranının olası davranışı nedir?)
- Eğer öyleyse, sistem bu şekilde tepki verir mi? (Doğum ve ölüm oranları gerçekten nüfus stokunun düşündüğümüz gibi davranmasına neden olur mu?)
- İtici etkenleri yönlendiren nedir? (Doğum oranını ne etkilemektedir? Ölüm oranını ne etkilemektedir?)

İlk soru gerçeklerle cevaplanamaz. Gelecek hakkında bir tahmindir ve gelecek doğal olarak belirsizdir. Bununla ilgili güçlü bir fikriniz olsa da gelecek gerçekleşene kadar haklı olduğunuzu kanıtlamanın bir yolu yoktur. Bir sistem analizi, yönlendirici etkenler farklı şeyler yaparsa ne olacağını görmek için bir dizi senaryoyu test edebilir. Bu, genellikle sistem analizinin bir amacıdır. Ancak bu senaryolar içinde, varsa hangisinin gerçekten mümkün bir gelecek olarak ciddiye alınması gerektiğine siz karar vermelisiniz.



Şekil 25. Bir nüfusun üç olası davranışı: Büyüme, düşüş ve denge.

Dinamik sistem çalışmaları genellikle ne olacağını tahmin etmek için tasarlanmamıştır. Daha çok, bir dizi yönlendirici etkenin çeşitli şekillerde ortaya çıkması durumunda *ne olacağını* araştırmak için tasarlanmıştır.



Şekil 26. Doğurganlık ve ölüm oranı döngülerinde baskınlığın -diğer döngüye- kayması.

İkinci soru –sistemin gerçekten bu şekilde tepki verip vermeyeceği– daha bilimseldir. Modelin ne kadar iyi olduğu hakkında bir sorudur. Model sistemin doğal dinamiklerini yakalıyor mu? Yönlendirici etkenlerin bunu *yapıp yapamayacağını* düşündüğünüzden bağımsız, yapsalar *sistem böyle davranır mıydı*?

Sistem dinamiği modelleri olası gelecekleri araştırır ve "Eğer... ne?" tarzı sorular sorar.

Yukarıdaki nüfus senaryolarında, hangisinin ne kadar olası olduğunu düşünürseniz düşünün, bu ikinci sorunun cevabı kabaca evettir; eğer doğurganlık ve ölüm bunu yapsaydı, nüfus böyle davranırdı. Burada kullandığım nüfus modeli çok basittir. Daha ayrıntılı bir model, örneğin yaş gruplarını ayırt ederdi. Ancak temel olarak bu model, gerçek bir nüfusun büyüyeceği koşullar altında büyüyerek, gerçek bir nüfusun azalacağı koşullar altında azalarak, gerçek bir nüfusun vereceği şekilde tepki verir. Sayılar gerçek olmayabilir ancak temel davranış örüntüsü gerçekçidir.

Son olarak, üçüncü soru. Yönlendirici etkenleri yönlendiren nedir?

BİR MODELİN DEĞERİNİ TEST ETME SORULARI

1. Yönlendirici etkenlerin bu şekilde ortaya çıkması olası mı?
2. Eğer öyle olsaydı, sistem bu şekilde tepki verir miydi?
3. Yönlendirici etkenleri yönlendiren nedir?

Giriş ve çıkışları ayarlayan nedir? Bu, sistem sınırları hakkında bir sorudur. Gerçekte bağımsız olup olmadıklarını veya başka sistemlerin içine gömülü olup olmadıklarını görmek için bu yönlendirici etkenlere dikkatlice bakılması gerekir.

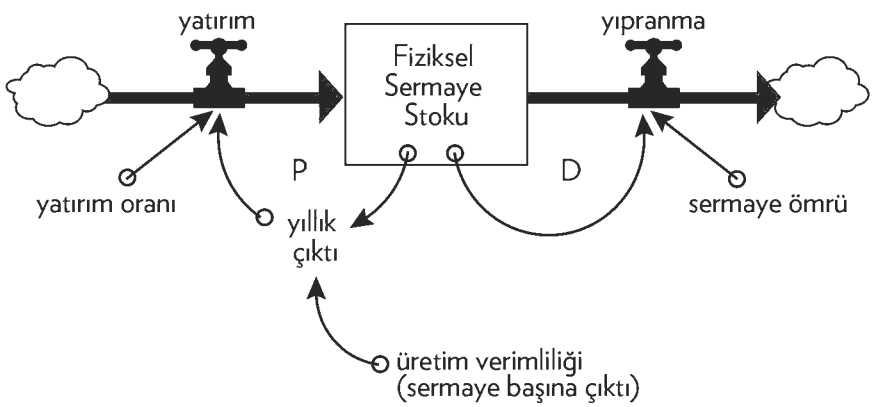
Modelin faydası, çalıştırılan senaryoların gerçekçi olup olmadığına değil – çünkü kimse bunu kesin olarak bilemez– ancak gerçekçi bir davranış örüntüsüyle yanıt verip vermediğine bağlıdır.

Örneğin, nüfusun büyüklüğü hakkında, doğurganlığı veya ölüm oranını etkileyecek şekilde bir geri besleme var mıdır? Ekonomi, çevre, sosyal eğilimler gibi diğer etkenler doğurganlığı ve ölüm oranını etkiler mi? Nüfusun büyüklüğü bu ekonomik, çevresel ve sosyal etkenleri etkiler mi?

Tabii ki tüm bu soruların cevabı "evet"tir. Doğurganlık ve ölüm oranı da geri besleme döngüleriyle yönlendirilirler. Bu geri besleme döngülerinin en azından bir kısmı nüfusun büyüklüğünden etkilenir. Bu nüfus "türü" çok daha büyük bir sistemin sadece bir parçasıdır.[3]

Nüfusu etkileyen bu daha büyük sistemin önemli bir parçası ekonomidir. Ekonominin merkezinde başka bir pekiştirme-döngüsü-artı-dengeleme-döngüsü sistemi vardır –nüfusla aynı tür davranışlara sahip aynı tür yapı (bkz. Şekil 27).

Ekonomide fiziksel sermaye (makine ve fabrika) stoku ve üretim verimliliği (birim sermaye başına çıktı) ne kadar büyük olursa, her yıl o kadar fazla çıktı (mal ve hizmet) üretilebilir.



Şekil 27. Yaşayan bir nüfus gibi, ekonomik sermaye de büyümeyi yöneten bir pekiştirici döngüye (çıktı yatırımı) ve küçülmeyi yöneten bir dengeleyici döngüye (yıpranma) sahiptir.

Ne kadar çok üretim yapılırsa, yeni sermaye yaratmak için o kadar fazla yatırım yapılabilir. Bu, nüfustaki doğum döngüsü gibi pekiştirici bir döngüdür. Yatırım kısmı doğurganlığa karşılık gelir. Bir toplumun üretimden yatırıma aktardığı oran ne kadar büyük olursa, sermaye stoku o kadar hızlı büyür.

Fiziksel sermaye, eskime ve yıpranma ile tüketilir. Yıpranmayı dengeleyen döngü, bir nüfusun ölüm döngüsüne eş değerdir. Sermayenin "ölüm oranı", ortalama sermaye ömrü ile belirlenir. Sermaye ömrü uzadıkça, her yıl kullanımdan çıkarılan ve yenilenmesi gereken sermaye oranı o kadar küçük olmaktadır.

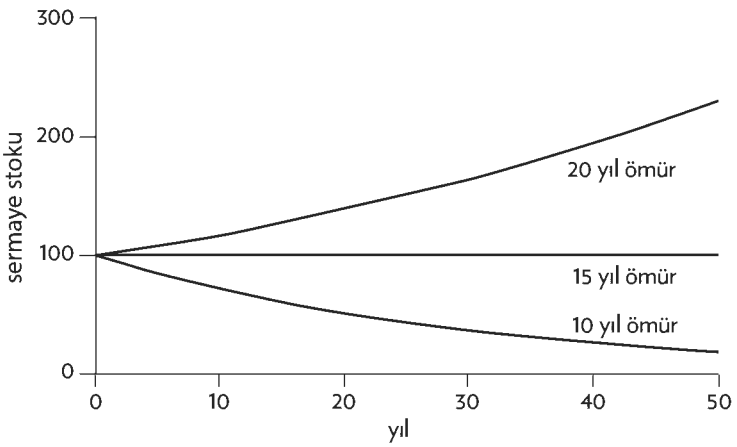
Bu sistem, nüfus sistemiyle aynı yapıya sahipse, aynı davranış dağarcığına sahip olmalıdır. Yakın tarih boyunca, dünya nüfusu gibi dünya sermayesi de kendi pekiştirici döngüsünün baskın hale gelmesiyle katlanarak büyümektedir. Gelecekte büyümesi, sabit kalması veya tükenmesi, pekiştirici büyüme döngüsünün, dengeleyici yıpranma döngüsünden daha güçlü kalıp kalmadığına bağlıdır. Bu da;

- yatırım oranına – toplumun üretimin ne kadarını tüketmek yerine yatırıma yönlendirdiğine,
- sermaye verimliliğine – belirli bir çıktı seviyesine ulaşmak için ne kadar sermaye gerektiğine ve
- ortalama sermaye ömrüne bağlıdır.

Sabit bir çıktı payı sermaye stokuna yeniden yatırılırsa ve bu sermayenin verimliliği (çıktı üretme yeteneği) de sabitse, sermaye stoku sermayenin ömrüne bağlı olarak azalabilir, sabit kalabilir veya büyüyebilir. Şekil 28'deki çizgiler farklı ortalama sermaye ömürlerine sahip sistemleri göstermektedir. Göreceli olarak kısa kullanım ömrü nedeniyle, sermaye yenilendiğinden daha hızlı yıpranmaktadır. Yeniden yatırımlar yıpranmaya ayak uyduramamakta ve ekonomi yavaş yavaş gerilemektedir. Yıpranma sadece yatırımı dengelediğinde ekonomi dinamik bir dengede olur. Uzun sermaye ömrüyle beraber, sermaye stoku üstel olarak büyür. Sermayenin ömrü ne kadar uzun olursa, o kadar hızlı büyümektedir.

Bu, daha önce karşılaştığımız bir ilkenin başka bir örneğidir: Çıkış akışını azaltarak veya giriş akışını artırarak stokun büyümesini sağlayabilirsiniz!

Bir nüfusun doğurganlığını ve ölüm oranını etkileyen birçok etken olduğu gibi çıktı oranını, yatırım oranını ve sermayenin ömrünü de etkileyen pek çok etken bulunmaktadır – faiz oranları, teknoloji, vergi politikası, tüketim alışkanlıkları ve fiyatlar bunlardan sadece birkaçıdır. Nüfusun kendisi, hem üretime iş gücü olarak katkıda bulunarak, hem tüketim talebini arttırarak, böylece yatırım oranını azaltarak yatırımı etkiler. Ekonomik çıktı da nüfusu birçok yönden etkilemek için geri besleme yapar. Görece daha zengin bir ekonomi genellikle daha iyi sağlık hizmetlerine ve daha düşük ölüm oranına sahiptir. Ayrıca genellikle doğum oranı da daha düşüktür.



Şekil 28. Sermaye ömründeki değişikliklerle beraber sermaye stokundaki büyüme. Birim sermaye başına çıktı oranı 1:3 ve yatırım oranı %20 olan bir sistemde, ömrü 15 yıl olan sermaye, yıpranmaya ayak uydurmakta, daha kısa bir sermaya ömrü azalan bir sermaye stokuna yol açmaktadır.

Aslında, herhangi bir uzun erimli gerçek ekonomi modeli, birbirlerini nasıl etkilediklerini göstermek için nüfus ve sermaye yapılarını birbiriyle ilişkilendirmelidir. Ekonomik kalkınmadaki temel soru, sermaye birikiminin pekiştirici döngüsünün, nüfus artışının pekiştirici döngüsüne göre daha yavaş büyümesinin nasıl önleneceğidir (insanlar daha fakirleşmek yerine zenginleşebilsinler diye)[4].

Sermaye sistemine, nüfus sistemiyle aynı cinsten bir "tür" demem garip gelebilir. Fabrikaları, sevkiyatları ve ekonomik akışları olan bir üretim sistemi; bebeklerin doğduğu, insanların yaşlandığı, daha fazla bebek sahibi olduğu ve öldüğü nüfus sistemine pek benzemez. Ancak sistem bakış açısıyla değerlendirildiğinde, birbirinden pek çok yönden farklı olan bu sistemlerin, önemli bir ortak noktası vardır: Geri besleme döngülerinin yapısı. Her ikisinde de pekiştirici büyüme döngüsü ve dengeleyici ölüm döngüsü tarafından yönlendirilen bir stok vardır. Ayrıca her sistemin de yaşlanma süreci vardır. Çelik fabrikaları, tornalar ve türbinler de insanlar gibi yaşlanır ve ölür.

Benzer geri besleme yapılarına sahip sistemler benzer dinamik davranışlar üretir.

Sistem teorisinin, sistemlerin çoğunlukla kendi davranışını ürettiği gözlemi kadar temel olan bir diğer anlayışı da dış görünüşleri birbirinden tamamen farklı olsa bile, benzer geri besleme yapılarına sahip sistemlerin, benzer dinamik davranışlar üretmesidir.

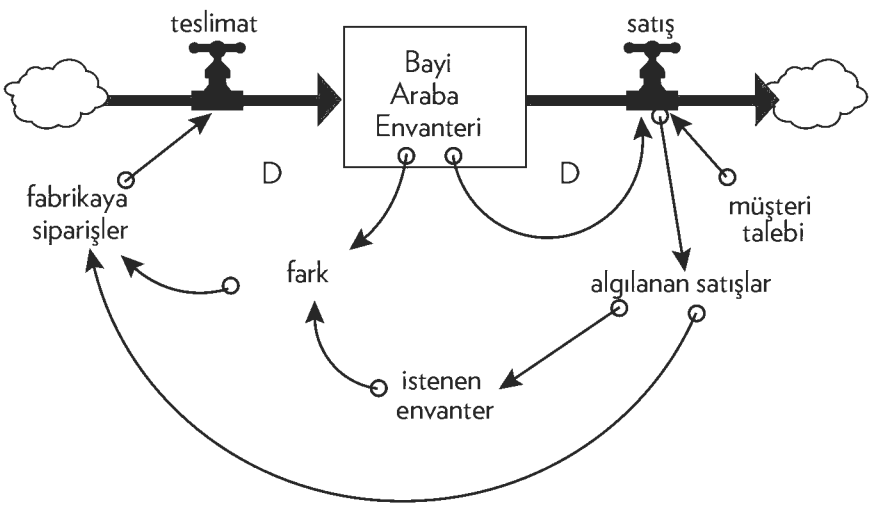
Nüfus, endüstri ekonomisi gibi bir şey değildir ancak her ikisi de kendilerini kendilerinden yeniden üretebilir ve böylece katlanarak büyüyebilir. Ve her ikisi de

yaşlanır ve ölür. Bir kahve fincanının soğuması, sıcak bir odanın soğuması gibidir veya radyoaktif bir maddenin bozunması gibidir veya nüfus veya endüstriyel ekonominin yaşlanması ve ölmesi gibidir. Her biri dengeleyici bir geri besleme döngüsünün sonucu olarak azalır.

Gecikmeli Sistem - İşletme Envanteri

Bir mağazadaki (araba bayisi) envanter stokunu hayal edin, fabrikalardan teslimatların giriş akışını ve yeni otomobil satışlarının çıkış akışını oluşturduğu şekilde. Bu haliyle, bayideki bu araba stoku küvetteki su gibi davranacaktır.

Şimdi, bir düzenleyici geri besleme sistemi düşünün ve bu sistem envanteri her zaman 10 günlük satışları karşılayacak seviyede tutmak üzere tasarlanmış olsun (bkz. Şekil 29). Araba bayisinin bir miktar envanter tutması gereklidir çünkü teslimatlar ve satışlar her gün tam olarak eşleşmez. Müşteriler günlük olarak öngörülemeyen satın alma işlemleri gerçekleştirir. Bayinin ayrıca, tedarikçilerin teslimatlarının gecikmesi ihtimaline karşı, ekstra envanter (bir tampon) de tutması gerekir.



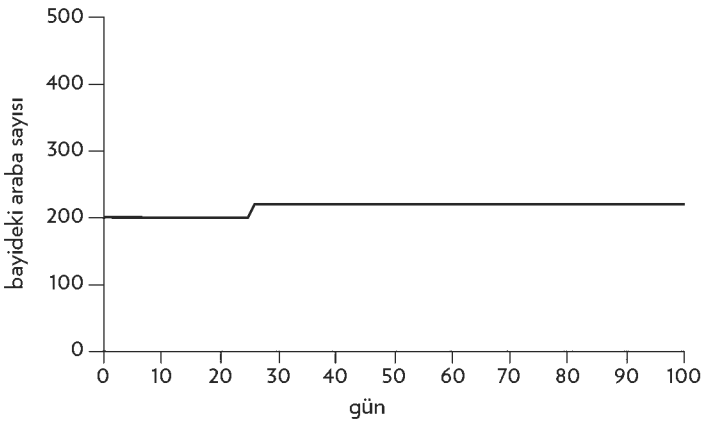
Şekil 29. Bir otomobil bayisindeki envanter, biri satış, diğeri teslimatlar olmak üzere iki rakip dengeleyici döngüyle sabit tutulur.

Bayi, satışları izler (algılanan satışlar) ve eğer yükseliyor gibi görünüyorsa, fabrikaya verdiği siparişleri, bu daha yüksek satış miktarı üzerinden 10 günlük satışları karşılayacak envanteri sağlayacak şekilde ayarlar. Yani daha yüksek satışlar daha yüksek algılanan satışlar; bu da envanter ve istenen envanter arasındaki daha büyük açık, yani daha fazla sipariş, daha fazla teslimat ve sonuçta yüksek satışları rahatlıkla karşılayabilecek daha yüksek envanter seviyesi demektir.

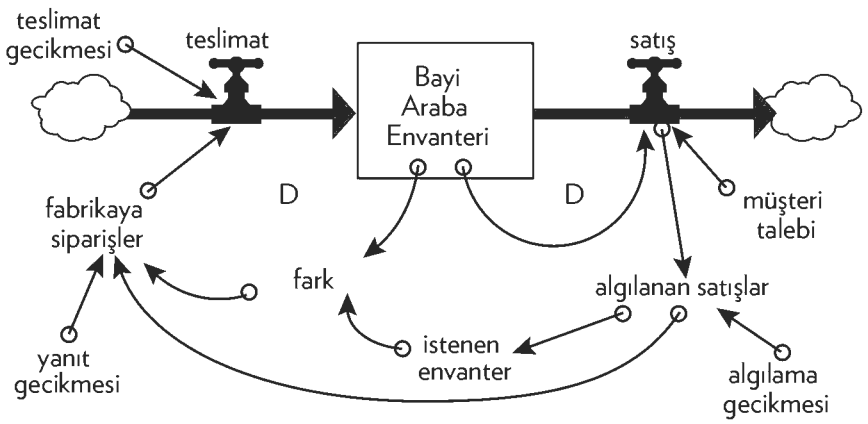
Bu sistem, termostat sisteminin bir başka şeklidir (envanter stokunu boşaltan bir dengeleyici satış döngüsü ve satışlarla azalanları yerine koyarak envanteri koruyan bir rakip dengeleyici döngü). Şekil 30, tüketici talebinde yüzde 10'luk bir artışın çok da şaşırtıcı olmayan sonucunu göstermektedir.

Şekil 31'de, bu basit modele başka bir şey ekliyorum – gerçek dünyada deneyimlediğimize özgü üç gecikme.

İlk olarak, bir algılama gecikmesi var, bu durumda bilinçli bir gecikme. Araba bayisi, satışlardan gelen en ufak bir sinyale hemen tepki vermez. Sipariş kararı vermeden önce, gerçek eğilimleri anlık iniş çıkışlardan ayıklamak için son 5 günlük satışların ortalamasını alır.



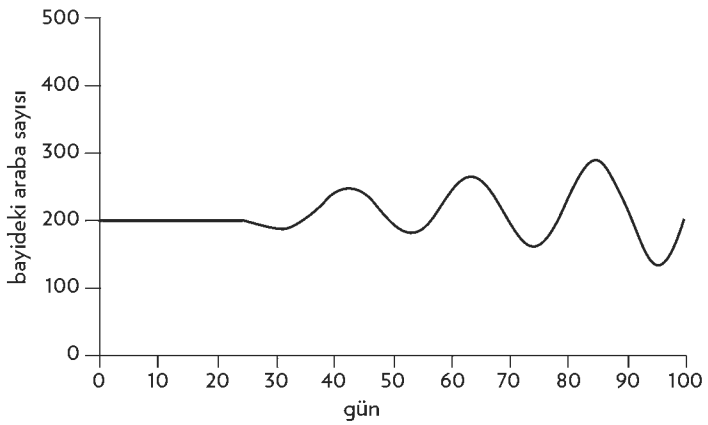
Şekil 30. Tüketici talebinde 25'inci günde başlayan %10'luk kalıcı artış ile otomobil bayisinin envanter değişimi.



Şekil 31. Bir araba bayisindeki envanter modeline üç yaygın gecikme durumu dahil edilmiştir – bir algılama gecikmesi, bir yanıt gecikmesi ve bir teslimat gecikmesi.

İkinci olarak bir yanıt gecikmesi var. Siparişlerin ayarlanması gerektiği açık olsa bile, tüm ayarlamayı tek bir siparişle yapmaz. Aksine, her bir siparişte herhangi bir eksikliğin üçte birini telafi eder. Başka bir deyişle eğilimin gerçek olduğundan tam olarak emin olabilmek için üç gün boyunca kısmi ayarlamalar yapar. Üçüncüsü teslimat gecikmesi. Fabrikadaki tedarikçinin bir sipariş alması, işlemesi ve bayiye teslim etmesi beş gün sürer.

Bu sistem hâlâ basitleştirilmiş termostat sistemi gibi sadece iki dengeleyici döngüden oluşmasına rağmen, termostat sistemi gibi davranmaz. Örneğin, Şekil 32'de gösterildiği gibi, müşteri talebindeki artış sonucu satışlarda da %10'luk bir sıçrama olduğunda neler yaşandığına bakın.



Şekil 32. Sistemde gecikmeler olduğunda envanterin satışlarda %10'luk bir artışa verdiği yanıt.

Salınımlar! Satışlardaki en ufak bir artış, envanterin düşmesine neden olur. Araba bayisi, yüksek satış hızının devam edeceğinden emin olmak için yeterince uzun süre durumu izler. Daha sonra, hem yeni satış miktarını karşılamak hem de envanteri yükseltmek için daha fazla araba sipariş etmeye başlar. Ancak siparişlerin gelmesi zaman alır. Bu süre zarfında envanter daha da düşer, bu nedenle 10 günlük envanter seviyesine ulaşabilmek için siparişlerin biraz daha arttırılması gerekir.

Sonunda daha büyük siparişler teslim edilmeye başlar ve envanter istenen seviyeye ulaşır – hatta bu seviyeyi aşar çünkü gerçek eğilimin belirsiz olduğu dönemde, bayi çok fazla sipariş vermiştir. O noktada hatasını görür ve siparişleri kısar ancak daha önceden verilen yüksek siparişler hâlâ teslim edilmektedir, bu yüzden daha da az sipariş verir. Aslında neredeyse kaçınılmaz olarak, bundan sonra ne olacağından hâlâ emin olamadığından çok az sipariş verir. Envanter seviyesi

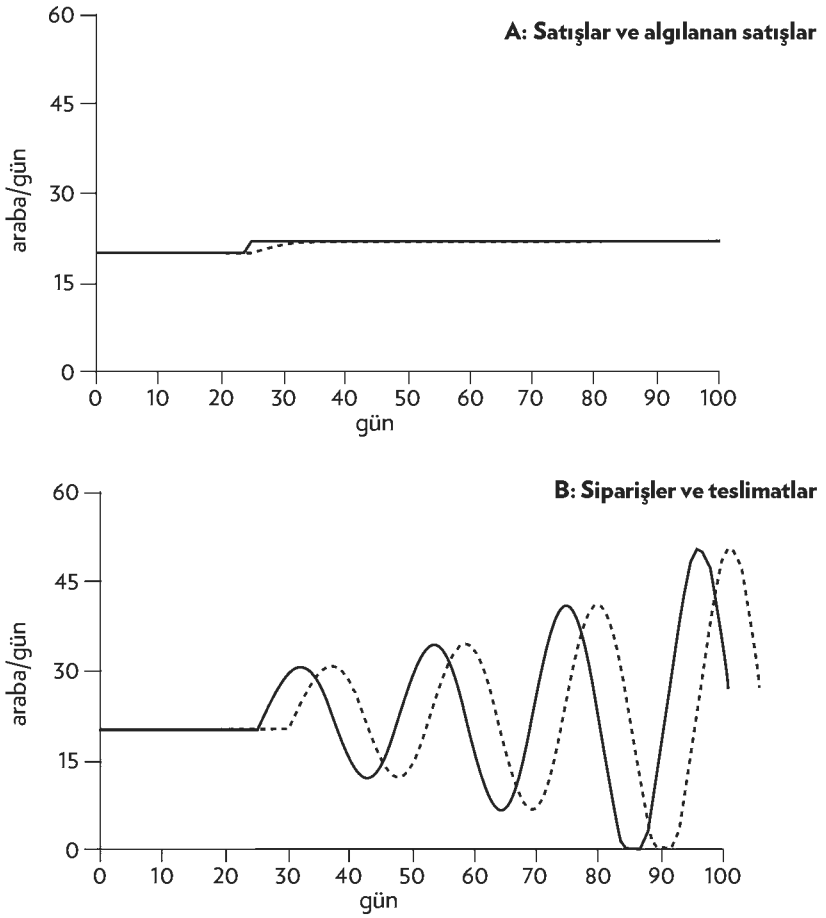
tekrar çok düşer. Ve bu böylece istenen yeni envanter seviyesinin etrafındaki bir dizi salınımla devam eder. Şekil 33'te gösterildiği gibi birkaç küçük gecikme ne büyük farklar yaratmaktadır!

Birazdan, envanterdeki bu salınımları azaltmanın yolları olduğunu göreceğiz ancak önce neden ortaya çıktıklarını anlamak önemli. Bunun nedeni araba bayisinin ahmak olması değil. Nedeni; bilgiye zamanında ulaşamadığı ve ulaşamayacağı, aldığı önlemlerin envantere hemen etki etmesinin fiziksel gecikmeler sebebiyle engellendiği bir sistem içinde çalışmaya çabalamasıdır. Müşterilerinin bundan sonra ne yapacağını bilmiyor. Bir şey yaptıklarında, yapmaya devam edeceklerinden emin değil. Bir sipariş verdiğinde, hemen bir yanıt alamıyor. Bu, bilgi yetersizliği ve fiziksel gecikmeler durumu çok yaygındır. Bunun gibi salınımlar sıklıkla envanterlerde ve diğer birçok sistemde görülür. Sıcak ve soğuk su bataryası ile duş başlığı arasında çok uzun bir borunun olduğu bir yerde duş almayı deneyin, yanıtın çok gecikmesi nedeniyle ortaya çıkacak sıcak soğuk salınımların keyfini yaşayacaksınız.

Dengeleyici geri besleme döngüsündeki bir gecikme, bir sistemin salınımına yol açabilir.

Gecikmenin hangi koşullar altında ne tür bir salınıma yol açtığı basit bir mesele değildir. Size nedenini göstermek için bu envanter sistemini kullanabilirim.

"Bu salınımlar dayanılmaz." der araba satıcısı – kendisi öğrenen bir sistem olarak, şimdi envanter sisteminin davranışını değiştirmeye kararlıdır. "Gecikmeleri kısaltacağım. Fabrikadan teslimat gecikmesi konusunda yapabileceğim pek bir şey yok, bu yüzden kendim daha hızlı tepki vereceğim. Sipariş ayarlamalarını yapmadan önce, beş yerine yalnızca iki günün satış değerlerinin ortalamasını alacağım."

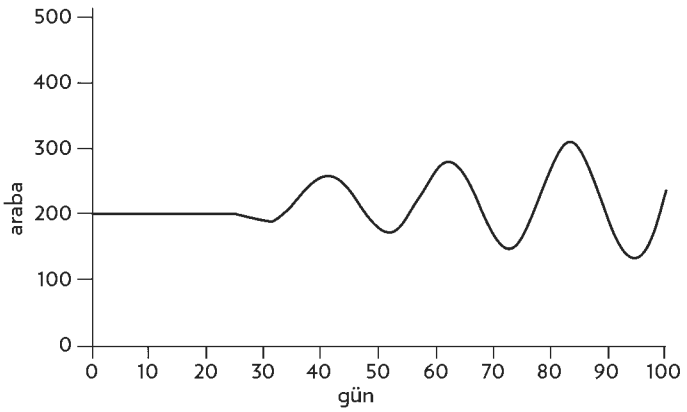


Şekil 33. Sipariş ve teslimatların talep artışına yanıtı. A, 25'inci günde satışlardaki küçük ama keskin artışı ve otomobil satıcısının 3 gün boyunca değişimin ortalamasını aldığı "algılanan" satışlarını göstermektedir. B, fabrikadan yapılan gerçek teslimatlar üzerinden takip edilen sipariş verme örüntüsünü göstermektedir.

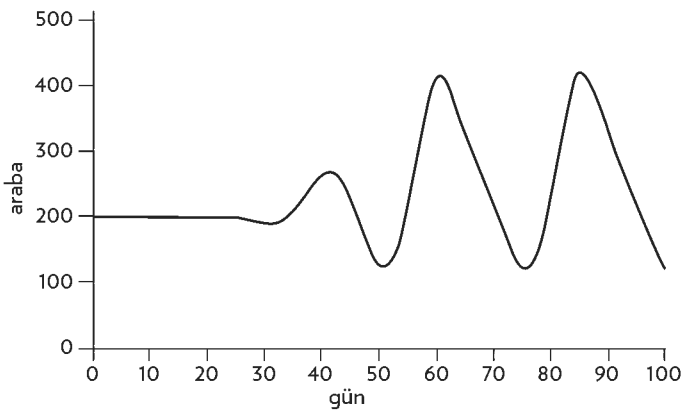
Şekil 34, bayinin algılama gecikmesi beş günden iki güne düştüğünde ne olacağını göstermektedir.

Araba bayisi algılama gecikmesini kısalttığında fazla bir şey olmaz. Bir şey varsa o da arabaların envanterindeki salınımların biraz daha kötüleşmesidir. Ve eğer araba bayisi algılama süresini kısaltmak yerine, tepki süresini kısaltmaya çalışırsa –algılanan eksiklikleri üç yerine iki günde telafi ederek– Şekil 35'te gösterildiği gibi işler çok daha kötüleşir.

Bir şeyler değişmelidir ve bu sistemin içinde öğrenen bir kişi olduğu için bir şeyler değişecektir. Sistem düşüncesi bakış açısına sahip araba satıcısı, salınımları dengelemeyi amaçlayan politikanın başarısızlığını izlerken kendi kendine "Güçlü bir kaldıraç ancak yanlış yönde." der. Bu tür ters sonuçlar her zaman görülebilir -Bir sistemi düzeltmeye çalışan biri, aslında sistem üzerinde güçlü bir etkisi olan bir politika koluna doğru sezgisel olarak çekilir. Ve sonra bu iyi niyetli tamirci, kolu yanlış yöne çeker! Bu, onları değiştirmeye çalışırken, sistemlerin sezgilere aykırı davranışlarının, bizi nasıl şaşırtabileceğine dair verilebilecek örneklerden sadece biridir.



Şekil 34. Envanterin talepteki aynı artışa, algı gecikmesi kısaldığında verdiği yanıt



Şekil 35. Envanterin, talepteki aynı seviyede artışa, tepki süresi kısaldığında verdiği yanıt. Daha hızlı hareket etmek salınımları daha da kötüleştirir!

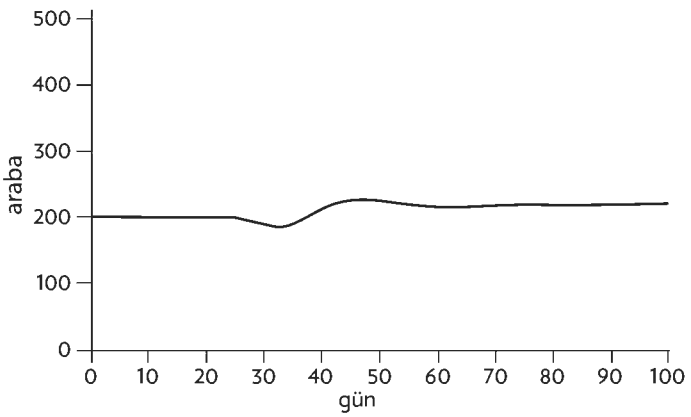
Buradaki sorunun bir kısmı, araba bayisinin çok yavaş değil, çok hızlı tepki vermesidir. Bu sistemin kurulumu göz önüne alındığında, aşırı tepki vermektedir. Şekil 36'da gösterildiği gibi, yanıt gecikmesini üç günden ikiye düşürmek yerine, üç günden altıya çıkarmış olsaydı, işler daha iyiye gidecekti.

Şekil 36'da görüldüğü gibi, salınımlar bu değişiklikle büyük ölçüde sönümlenir ve sistem yeni dengesine oldukça verimli biçimde ulaşır.

Bu sistemdeki en önemli gecikme, araba bayisinin doğrudan kontrolü altında olmayan gecikmedir. Bu, fabrikanın teslimatındaki gecikmedir. Ancak bayi, sisteminin bu bölümünü değiştirme yeteneği olmasa bile, envanteri oldukça iyi yönetmeyi öğrenebilir.

Gecikmeler sistemlerde yaygındır ve davranışın güçlü belirleyicileridir. **Gecikme süresinin değiştirilmesi sistemin davranışında büyük bir değişiklik yapabilir.** Veya gecikmenin türüne ve sistemdeki diğer gecikmelerin göreli uzunluklarına bağlı olarak bir değişiklik yaratmayabilir de.

Bir sistemdeki gecikmeleri değiştirmek, onu yönetmeyi çok daha kolay veya çok daha zor hale getirebilir. Sistem düşünürlerinin gecikmeler konusunda neden biraz takıntılı olduklarını görebilirsiniz. Sistemlerde gecikmelerin nerede meydana geldiğini, ne kadar sürdüğünü, bilgi akışlarında mı yoksa fiziksel süreçlerde mi olduğunu görebilmek için her zaman tetikte bekleriz. Gecikmelerin nerede ve ne kadar sürdüğünü bilmedikçe, sistemlerin dinamik davranışını anlamaya başlayamayız. Ve bazı gecikmelerin güçlü politika kaldıraçları olabileceğinin farkındayız. Bunları uzatmak veya kısaltmak, sistemlerin davranışında büyük değişiklikler yaratabilir.



Şekil 36. Envanterin azalan tepki süresiyle beraber aynı talep artışına yanıtı.

Büyük resimde, bir mağazanın envanter sorunu önemsiz ve düzeltilebilir görünebilir. Ancak envanterin Amerika'daki tüm satılmamış otomobilleri kapsadı-

ğını düşünün. Az ya da çok otomobil siparişi, sadece montaj tesislerinde ve parça fabrikalarında değil, çelik fabrikalarında, kauçuk ve cam fabrikalarında, tekstil üreticilerinde ve enerji üreticilerinde de üretimi etkilemektedir. Bu sistemin her yerinde algılama gecikmeleri, üretim gecikmeleri, teslimat gecikmeleri ve kurulum gecikmeleri vardır. Şimdi, otomobil üretimi ve iş arasındaki bağlantıyı düşünün; artan üretim, daha fazla insanın araba satın almasına imkan sağlayacak şekilde istihdamı artırır. Bu, ters yönde de çalışan bir pekiştirici döngüdür – daha az üretim, daha az iş, daha az araba satışı, daha az üretim. Başka bir pekiştirici döngü ekleyelim; borsacılar, son dönem performanslarına bakarak, otomobil ve otomobil tedarik şirketlerinde hisse alıp sattıklarında, üretimdeki ani artış, hisse senedi fiyatında ani bir artış yaratır ve bunun tersi de geçerlidir.

Birbiriyle karşılıklı bağlantılı endüstrilerin, gecikmeler yoluyla birbirlerine yanıt verdiği, birbirlerini salınımlarında sürüklediği, çarpanlar ve borsacılar tarafından güçlendirilen bu büyük sistemler, iş döngülerinin birincil sebebidir. Devlet başkanları, ekonomik yükselişlerin yarattığı iyimserliği kuvvetlendirmek ve düşüşlerin zararlarını hafifletmek için pek çok şey yapabilecek olsalar bile, bu dalgalanmaların sebebi değildirler. Ekonomiler, gecikmeli dengeleyici geri besleme döngüleriyle dolu, doğaları gereği salınımlar içeren, son derece karmaşık sistemlerdir.[5]

İki Stoklu Sistemler

Yenilenemez Bir Kaynak Tarafından Kısıtlanan Yenilenebilir Bir Kaynak - Petrol Ekonomisi

Şimdiye kadar gösterdiğim sistemlerde çevresel koşulların dayattığı kısıtlar yoktu. Endüstriyel ekonomi modelinin sermaye stoku, çıktı üretmek için hammaddeye gerek duymamıştı. Nüfusun yemeğe ihtiyacı olmamıştı. Termostat-kalorifer sisteminin yakıtı hiç bitmemişti. Sistemlerin bu basit modelleri, kısıtlanmamış iç dinamiklerine göre çalışabilmişti, bu nedenle bu dinamiklerin neler olduğunu görebilmiştik.

Ancak herhangi bir gerçek fiziksel varlık, her zaman çevresiyle kuşatılmıştır ve bu çevreyle sürekli bir alışveriş içindedir. Bir şirketin sürekli bir enerji, malzeme, işçi, yönetici ve müşteri tedariğine ihtiyacı vardır. Büyüyen bir mısır mahsulü, su ve besin maddelerine ve zararlılardan korunmaya ihtiyaç duyar. Bir nüfusun yiyeceğe, suya ve yaşam alanına ihtiyacı vardır ve eğer bu insan nüfusu ise; istihdama, eğitime, sağlık hizmetlerine ve daha birçok şeye ihtiyaç duymaktadır. Enerji ve işlenmiş malzemeleri kullanan herhangi bir işletmenin atıklarını koyacağı bir yere veya atıklarını uzaklaştırma sürecine ihtiyacı vardır.

Bu nedenle, büyüyen herhangi bir fiziksel sistem er ya da geç bir tür kısıtla karşılaşacaktır. Bu kısıt, bir şekilde, ya çıkışı güçlendirerek ya da akışı zayıflatarak, büyüme davranışını yönlendiren pekiştirici döngünün baskınlığını değiştiren bir dengeleyici döngü biçimini alacaktır.

Kısıtlanmış bir çevrede büyüme çok yaygındır, o kadar yaygındır ki sistem düşünürleri bunu "büyümenin sınırları" şeklinde bir kalıp yapı ile ifade etmektedirler. (Beşinci bölümde daha fazla kalıp yapıyı –sıkça rastlanan davranış örüntüleri üreten sistem yapılarını– keşfedeceğiz.) Büyüyen bir varlık gördüğümüzde bu; ister bir nüfus, bir şirket, bir banka hesabı, bir söylenti, bir salgın ister yeni bir ürünün satışı olsun, onu yönlendiren pekiştirici döngüleri ve sonuçta onu kısıtlayacak dengeleyici geri besleme döngülerini ararız. Henüz sistemin davranışına yön veriyor olmasalar bile, bu dengeleyici geri besleme döngülerinin orada olduğunu biliriz çünkü hiçbir gerçek fiziksel sistem sonsuza dek büyüyemez. Yepyeni bir ürün bile sonunda piyasada doygunluğa ulaşacaktır. Bir nükleer santraldeki zincirleme reaksiyon veya bombanın yakıtı tükenecektir. Bir virüsün bulaşabileceği insan kalmayacaktır. Ekonomi; fiziksel sermaye, parasal sermaye, iş gücü, piyasalar, yönetim, kaynaklar veya kirlilik ile kısıtlanabilir.

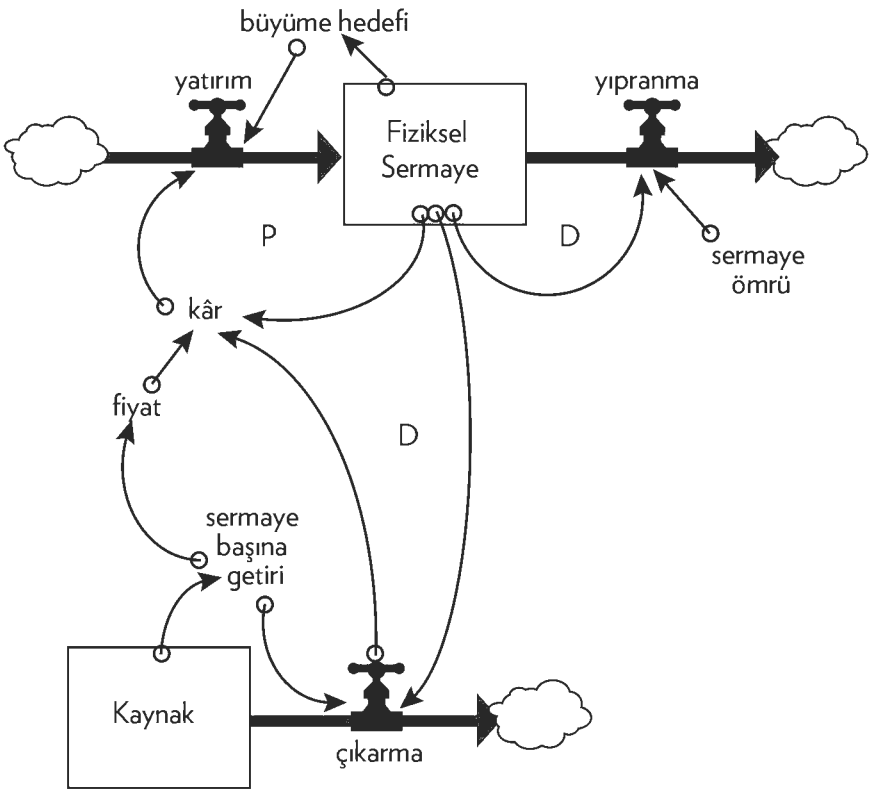
Stoka giriş akışı sağlayan kaynaklar gibi, kirlilik kısıtı da yenilenebilir veya yenilenemez olabilir. Ortamın kirletici maddeyi soğurma veya zararsız hale getirme kapasitesi yoksa yenilenemez. Ortam sonlu, genellikle değişken bir temizleme kapasitesine sahip olduğu durumda yenilenebilir. Bu nedenle burada kaynak-kısıtlı sistemler hakkında söylenen her şey, kirlenme-kısıtlı sistemlere aynı dinamiklerle ancak ters yönlü bir akış şeklinde uygulanabilir.

Fiziksel ve üstel olarak büyüyen sistemlerde, büyümeyi yönlendiren en az bir pekiştirici döngü ve büyümeyi sınırlayan en az bir dengeleyici döngü olmalıdır çünkü sonlu bir ortamda hiçbir fiziksel sistem sonsuza kadar büyüyemez.

Büyüyen bir sistemdeki sınırlar geçici veya kalıcı olabilir. Sistem, kısa bir süre veya uzun bir süre bu sınırlardan kaçınmanın yollarını bulabilir ancak eninde sonunda sistemin kısıta veya kısıtın sisteme ve her ikisinin birbirine uyumlandığı bir çeşit uzlaşma gerçekleşir. Bu uzlaşmada bazı ilginç dinamiklere yer vardır.

Kısıtlayıcı dengeleyici döngülerin yenilenebilir ya da yenilenemez bir kaynaktan ortaya çıkması, büyümenin sonsuza kadar devam edip etmeyeceği üzerinde değil, büyümenin nasıl sona ereceği üzerinde bir fark yaratır.

Başlangıç olarak, parasını yenilenemez bir kaynaktan kazanan bir sermaye sistemine bakalım – yeni ve büyük bir petrol sahası keşfetmiş bir petrol şirketi düşünelim (bkz. Şekil 37).



Şekil 37. Pekiştirici büyüme döngüsü yenilenemez bir kaynak tarafından kısıtlanan ekonomik sermaye.

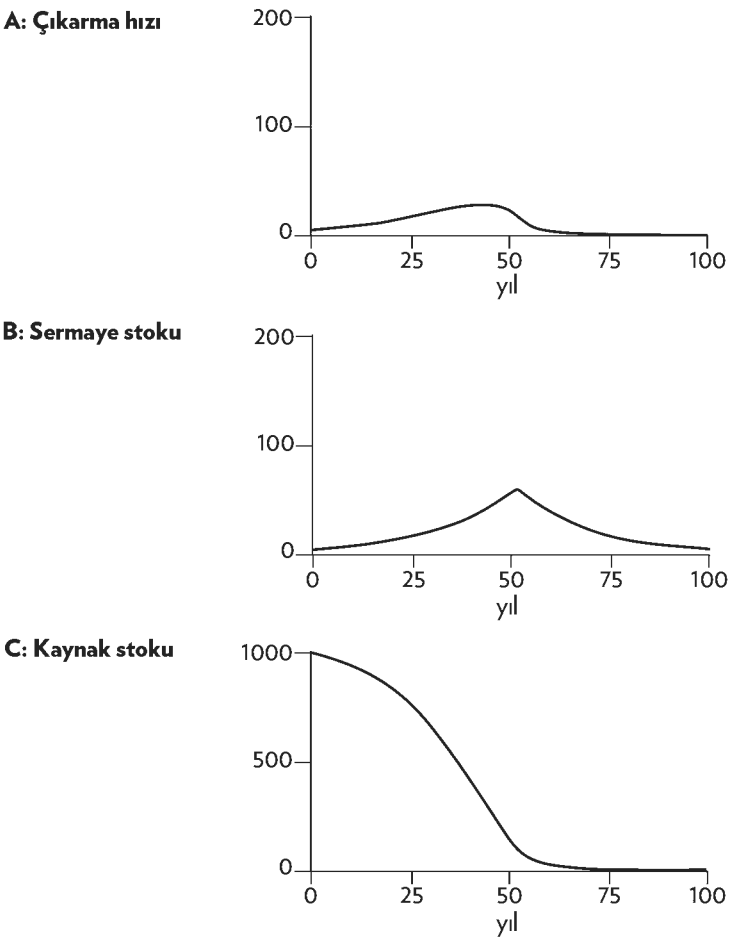
Şekil 37'deki diyagram karmaşık görünebilir ancak daha önce gördüğümüz, sermaye-büyüme sisteminden farklı değil, sadece "çıktı" yerine "kâr" kullanılıyor. Yıpranmayı arttırmak artık bilinen bir dengeleyici döngü: Ne kadar çok makine ve rafineri parçalanır veya yıpranırsa sermaye stoku o kadar azaltır. Bu örnekte, petrol sondajı ve rafine etme ekipmanının sermaye stoku, 20 yıllık bir kullanım ömrü ile yıpranmakta yani her yıl stokun 1/20'si (veya %5'i) çalışamaz duruma gelerek çıkarılmaktadır. Sermaye stoku, petrol çıkarmaktan elde edilen kârın yatırıma yönlendirilmesi ile büyümektedir. Böylece pekiştirici döngüyü görüyoruz: Daha fazla sermaye, daha fazla kaynağın çıkarılmasını sağlar ve yeniden yatırım yapılabilecek daha fazla kâr yaratır. Şirketin işletme sermayesinde yıllık %5 büyüme hedefi olduğunu varsaydım. Yüzde beş büyüme için yeterli kâr yoksa, şirket elde edebildiği tüm kâr ile yatırım yapmaktadır.

Kâr, gelir eksi maliyettir. Bu basit anlatımda elde edilen gelir, petrol şirketi tarafından çıkarılan petrol miktarının petrol fiyatı ile çarpımıdır. Maliyet, sermayenin birim sermaye başına işletme maliyetiyle (enerji, iş gücü, malzeme vb.) çarpımıdır. Şimdilik hem fiyat hem de birim sermaye başına işletme maliyetinin sabit olduğu varsayımı ile konuyu basitleştireceğim.

Sabit olduğu varsayılmayan, birim sermaye başına düşen kaynak getirisidir. Bu kaynak, petrol örneğinde olduğu gibi yenilenemediğinden, çıkarma akışını besleyen stokun bir girdisi yoktur. Kaynak çıkarıldığında –bir petrol kuyusu tükendiğinde– bir sonraki petrol varilinin elde edilmesi zorlaşmaktadır. Kalan kaynak daha derin veya daha seyreltik veya petrol örneğinde olduğu gibi, yüzeye çıkabilmek için daha az doğal basınç altındadır. Kaynağın gelmeye devam etmesini sağlamak için gittikçe daha maliyetli ve teknik olarak daha karmaşık önlemler alınması gerekmektedir.

İşte sonunda, sermayenin büyümesini kontrol edecek yeni bir dengeleyici geri besleme döngüsü: Daha fazla sermaye, daha yüksek çıkarma oranı. Daha yüksek çıkarma oranı, daha az kaynak stoku. Daha az kaynak stoku, birim sermaye başına daha düşük kaynak verimi, dolayısıyla düşük kâr (fiyat sabit varsayıldığında), daha düşük yatırım oranı –sonuçta daha düşük sermaye büyüme oranı. Kaynağın tükenmesinin, işletme maliyeti ve sermaye verimliliği ile geri beslendiğini varsayabilirim. Gerçek dünyada her ikisi de olur. Her iki durumda da, ardından gelen davranış örüntüsü aynıdır –klasik tükenme dinamikleri (bkz. Şekil 38).

Sistemde başlangıçta, yer altında, operasyonun başlangıç ölçeği ile, 200 yıl yetecek kadar petrol vardır. Ancak gerçek çıkarım, çıkarımdaki üstel büyümenin şaşırtıcı etkisi nedeniyle yaklaşık 40 yılda zirve yapar. Yılda %10'luk bir yatırım oranında, sermaye stoku ve dolayısıyla çıkarma oranı, her ikisi de yılda %5 oranında büyümekte, ilk 14 yılda iki katına çıkmaktadır. 28 yıl sonra sermaye stoku dört katına çıkarken, birim sermaye başına düşen getirinin düşmesinden dolayı çıkarma gecikmeye başlar. 50'nci yıla gelindiğinde, sermaye stokunun korunmasının maliyeti, kaynak çıkartılmasından elde edilen geliri aşmıştır, bu nedenle kârlar artık yatırımı yıpranmanın önünde tutmak için yeterli değildir. Sermaye stoku azaldıkça operasyon hızla kapanır. Kaynağın son ve en pahalısı yer altında kalır, çıkarmak için harcanacak paraya değmez.



Şekil 38. Çıkarma (A), sermaye büyümesini (B) sağlayan kârı yaratır, aynı zamanda yenilenemez kaynağı (C) tüketir. Sermaye birikimi ne kadar büyük olursa, kaynak o kadar hızlı tüketilir.

Kaynağın, jeologların ilk düşündüğünden iki ya da dört kat daha büyük olduğu ortaya çıkarsa ne olur? Tabii ki bu, bu sahadan çıkarılabilecek toplam petrol miktarında devasa bir fark yaratır. Ancak, yılda %10'luk yeniden yatırım hedefinin sürdürülmesiyle, yılda %5 sermaye büyümesi üretilir, kaynağın ikiye katlandığı her durum, en yüksek çıkarma oranının zamanlamasında ve petrol çıkarma faaliyetine bağlı işler ve toplulukların ömründe sadece 14 yıllık bir fark yaratır (bkz. Şekil 39).

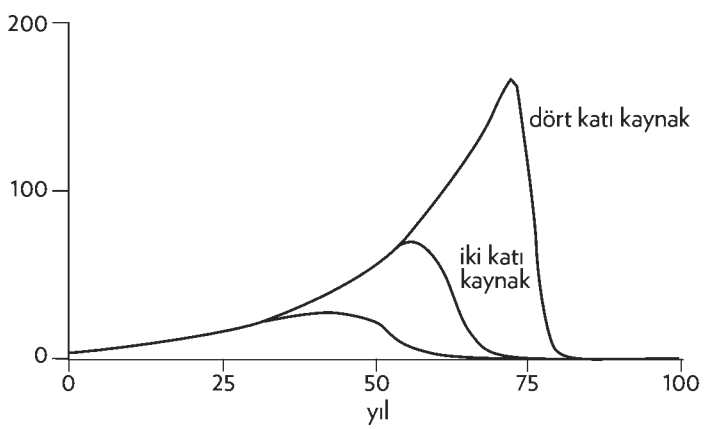
Bir kısıta veya sınıra doğru üstel büyüyen bir miktar, bu sınıra şaşırtıcı derecede kısa bir sürede ulaşır.

Yenilenemez bir kaynağa bağlı bir sermaye birikimi oluştururken, ne kadar çok ve ne kadar hızlı büyürseniz, o kadar yüksekten ve o kadar hızlı düşersiniz. Çıkarım veya kullanımın üstel büyümesi karşısında, yenilenemez kaynağın iki kat veya dört kat fazla olması, alternatifler geliştirmek için çok az ek zaman kazandırır.

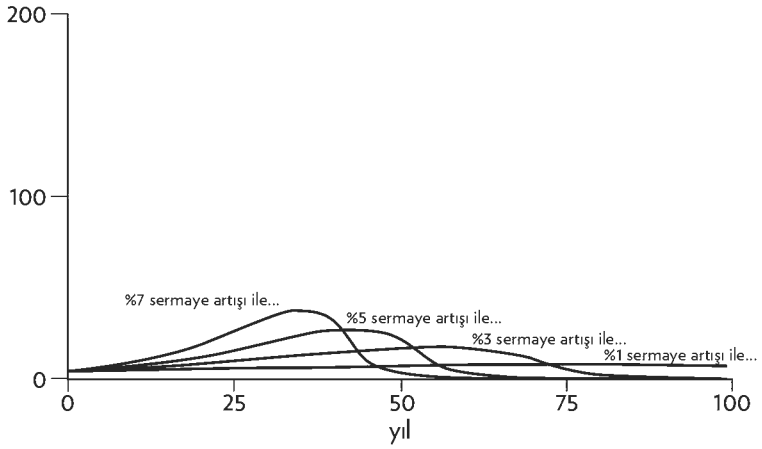
Eğer ilgilendiğiniz, kaynağı çıkarmak ve mümkün olan en yüksek oranda para kazanmaksa, kaynağın nihai boyutu, bu sistemdeki en önemli veridir. Örneğin, maden veya petrol sahasında bir işçiyseniz ve ilgilendiğiniz işinizin ne kadar uzun süreceği ve topluluğunuzun istikrarı ise, sizin için iki önemli veri vardır: Kaynağın büyüklüğü ve sermayenin istenen büyüme oranı (İşte, geri besleme döngüsünün amacının sistem davranışı için çok önemli olduğuna iyi bir örnek.) Yenilenemez bir kaynağın yönetimindeki gerçek seçim, çok hızlı zenginleşmek mi yoksa daha az zengin olarak daha uzun süre kalmak mı seçimidir.

Şekil 40'taki grafik, yıpranma üzerinde istenen büyüme oranları yıllık, %1, %3, %5 ve %7 olduğunda, zaman boyunca çıkarma hızındaki gelişimi göstermektedir. Yüzde yedi büyüme oranı ile bu "200 yıllık arz"ın çıkarılması 40 yıl içinde zirve yapmaktadır.

Bu seçimin sadece şirketin kârları üzerinde değil, bölgenin sosyal ve doğal çevresi üzerindeki etkilerini de hayal edin.



Şekil 39. Çıkartılabilecek kaynağın 2 veya 4 kat daha büyük olması. Kaynağın her ikiye katlanması, çıkarma zirvesinde sadece yaklaşık on dört yıllık fark yaratır.



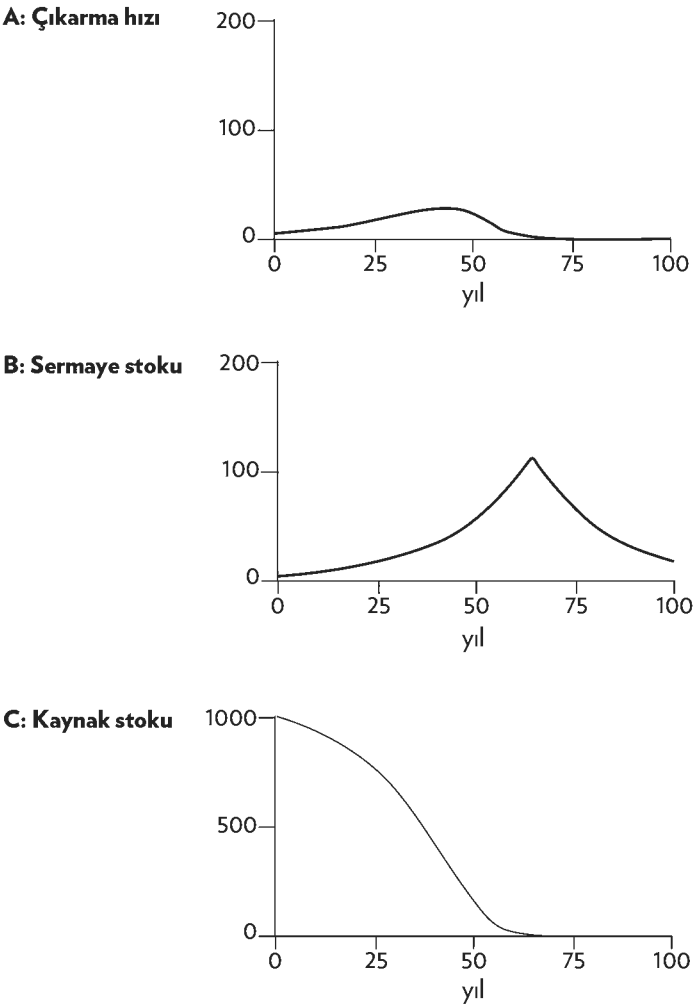
Şekil 40. Yatırıma aktarılan kâr oranı arttıkça, kaynağın çıkarılması zirvesine çok daha çabuk ulaşılır.

Daha önce, fiyatın sabit olduğu varsayımı ile modeli basitleştirebileceğimi belirtmiştim. Ama bu doğru değilse ne olur? Kısa erimde kaynağın tüketiciler için çok hayati olduğunu ve daha yüksek bir fiyatın talebi azaltmayacağını varsayalım. Bu durumda, Şekil 41'de görüldüğü gibi, kaynak azaldıkça, fiyat keskin bir şekilde yükselir.

Daha yüksek fiyat, sektöre daha yüksek kâr sağlar, bu nedenle yatırım artar, sermaye stoku artmaya devam eder ve kalan daha pahalı kaynaklar çıkartılabilir. Şekil 41'i, fiyatın sabit tutulduğu Şekil 38 ile karşılaştırırsanız, yükselen fiyatın ana etkisinin, çöküşünden önce sermaye stokunu yükseltmek olduğunu görebilirsiniz.

Bu arada aynı davranış; teknolojik gelişme işletme maliyetlerini düşürürse, fiyatlar yükselmeden de ortaya çıkar. Örneklerini gerçek yaşamda da görebiliriz: petrol kuyularından gelişmiş geri kazanım teknikleri, tükenmiş demir madenlerinden düşük sınıf takonit çıkarmak için faydalanma süreci ve altın ve gümüş madenlerinin atıklarından bile kârlı bir şekilde çıkarıma izin veren siyanürle arıtma işlemi.

Hepimiz biliyoruz ki madenler, fosil yakıt yatakları ve yer altı suyu kaynakları tüketilebilir. Dünyanın her yerinde, burada gördüğümüz davranışın gerçekliğine tanıklık eden, terk edilmiş maden kasabaları ve petrol sahaları vardır. Bu tür kaynakları çıkartan şirketler de bu dinamiği anlamaktadır. Tüketim, sermayeyi bir yerde daha az verimli hale getirmeden çok önce, şirketler yatırımları başka bir yerde başka bir kaynağın keşfi ve geliştirilmesine kaydırırlar. Ancak, eğer yerel sınırlar varsa, sonunda küresel sınırlar da olacak mıdır?



Şekil 41. Artan kıtlıkla fiyatlar yükseldikçe, yeniden yatırım yapmak için daha fazla kâr olur ve sermaye stoku daha da büyüyerek, (B) çıkarmanın daha uzun süre boyunca artmasına neden olur (A). Sonuç, kaynağın (C) daha da hızlı tükenmesidir.

Bu tartışmayı kendinizle ya da size karşıt görüşe sahip olan ikna edici biriyle yapmanız için size bırakacağım. Sadece şunu belirteceğim: Tükenme dinamiğine göre, başlangıçta kaynaklar ne kadar büyük olursa, yeni keşifler o kadar fazla olacak, büyüme döngülerinin kontrol döngülerinden kaçabilmesi daha uzun sürecek, sermaye stoku ve kaynağı çıkarma hızı artacak ve üretimin zirvesinin hemen ardında, o kadar erken, o kadar hızlı ve o kadar uzağa bir ekonomik düşüş yaşanacaktır.

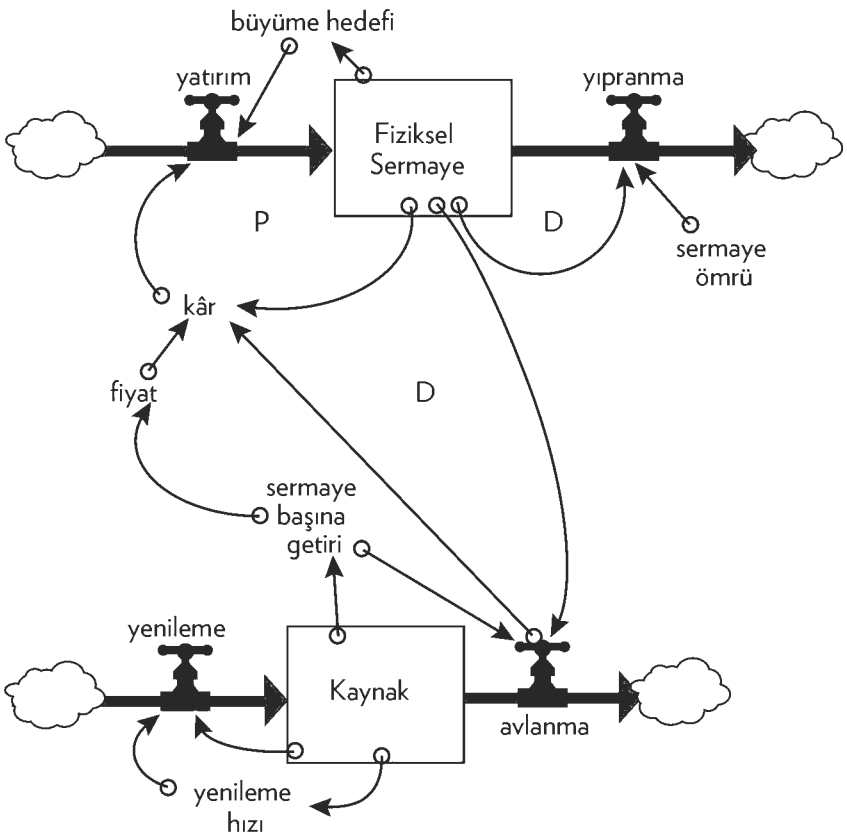
Veya, belki, ekonomi tamamen yenilenebilir kaynaklarla çalışmayı öğrenebilir.

Yenilenebilir Kaynakla Kısıtlanan Yenilenebilir Kaynak - Balıkçılık Ekonomisi

Önceki örnek ile aynı sermaye sistemini varsayalım, tek fark sermaye stokuna onu yenilenebilir hale getiren bir giriş olsun. Bu sistemdeki yenilenebilir kaynak balık, sermaye stoku balıkçı tekneleri olabilir. Aynı zamanda ağaçlar ve kereste fabrikaları ya da otlak ve inekler de olabilir. Balık, ağaç veya ot gibi canlı yenilenebilir kaynaklar, pekiştirici bir geri besleme döngüsüyle kendi kendilerini yenileyebilir. Güneş ışığı, rüzgar veya nehir suyu gibi cansız yenilenebilir kaynaklar, pekiştirici bir döngü ile değil, o stokun mevcut durumu ne olursa olsun, kaynak stokunun doldurulmasına devam eden sabit bir girdi yoluyla yenilenmektedir. Aynı "yenilenebilir kaynak sistemi" yapısı, bir soğuk algınlığı virüsü salgını içinde de meydana gelmektedir. Kurbanlar yaşamayı sürdürür, böylece yeniden soğuk algınlığına yakalanabilirler. İnsanların düzenli olarak satın alması gereken bir ürünün satışı da yenilenebilir bir kaynak sistemidir; potansiyel müşterilerin stoku her zaman yenilenir. Aynı şekilde bir bitkinin tamamını değil de bir kısmını yok eden bir böcek istilası durumunda, bitki kendini yenileyebilmektedir ve böylece böcekler daha fazla bitki yiyebilir. Tüm bu durumlarda, kısıtlayıcı kaynak stokunu doldurmaya devam eden bir girdi vardır (Şekil 42'de gösterildiği gibi).

Balıkçılık örneğini kullanacağız. Bir kez daha, sermayenin ömrünün 20 yıl olduğunu ve endüstrinin yılda %5 oranında büyüyeceğini varsayalım. Yenilenemez kaynakta olduğu gibi, kaynak azaldıkça sermaye açısından daha pahalıya mal olduğunu varsayın. Son balık sürülerini bulmak için daha uzun mesafelere gidebilen ve sonar ile donatılmış daha büyük balıkçı tekneleri gereklidir. Ya da onları yakalamak için kilometrelerce uzunlukta ağlara ihtiyaç vardır. Ya da daha uzun mesafelerden limana geri getirmek için yerleşik soğutma sistemlerine ihtiyaç vardır. Bütün bunlar daha fazla sermaye gerektirmektedir.

Balıkların üreme hızı sabit değildir, bölgedeki balık sayısına (balık yoğunluğu) bağlıdır. Balıklar çok yoğun ise, mevcut yiyecek ve yaşam alanları ile sınırlanmış olarak, üreme oranları sıfıra yakındır. Balık nüfusu biraz azalırsa, gittikçe daha hızlı bir oranda yenilenebilir çünkü ekosistemde kullanılmayan besinlerden veya alandan yararlanabilir. Ancak bir noktada balık üreme oranı en yüksek noktaya ulaşır. Nüfus çok fazla azalırsa, artık daha hızlı değil, gittikçe daha yavaş ürer. Bunun nedeni, balıkların birbirini bulamaması veya başka bir türün o alana yerleşmesidir.



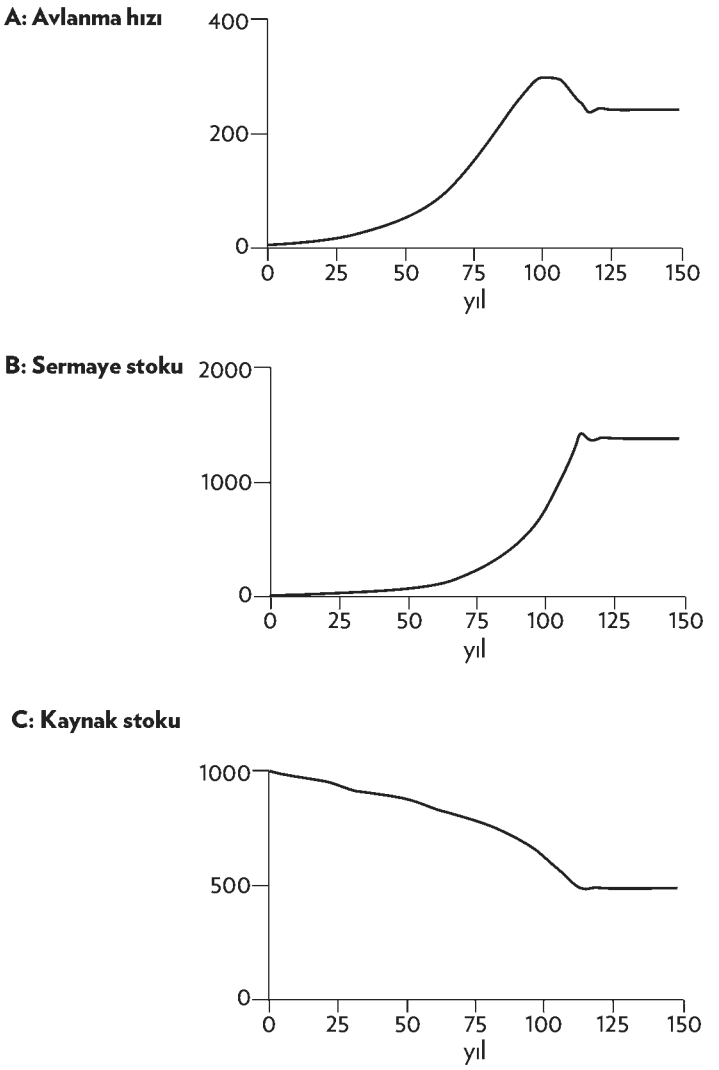
Şekil 42. Pekiştirici büyüme döngüsü yenilenebilir bir kaynak tarafından kısıtlanan ekonomik sermaye.

Balıkçılık ekonomisinin bu basitleştirilmiş modeli, doğrusal olmayan üç ilişkiden etkilenir: Fiyat (daha az balık daha pahalıdır); üreme oranı (balıklar çok azaldığında veya aşırı kalabalık olduğunda çok fazla üremez) ve birim sermaye başına getiri (balıkçılık teknolojisi ve uygulamalarının verimliliği).

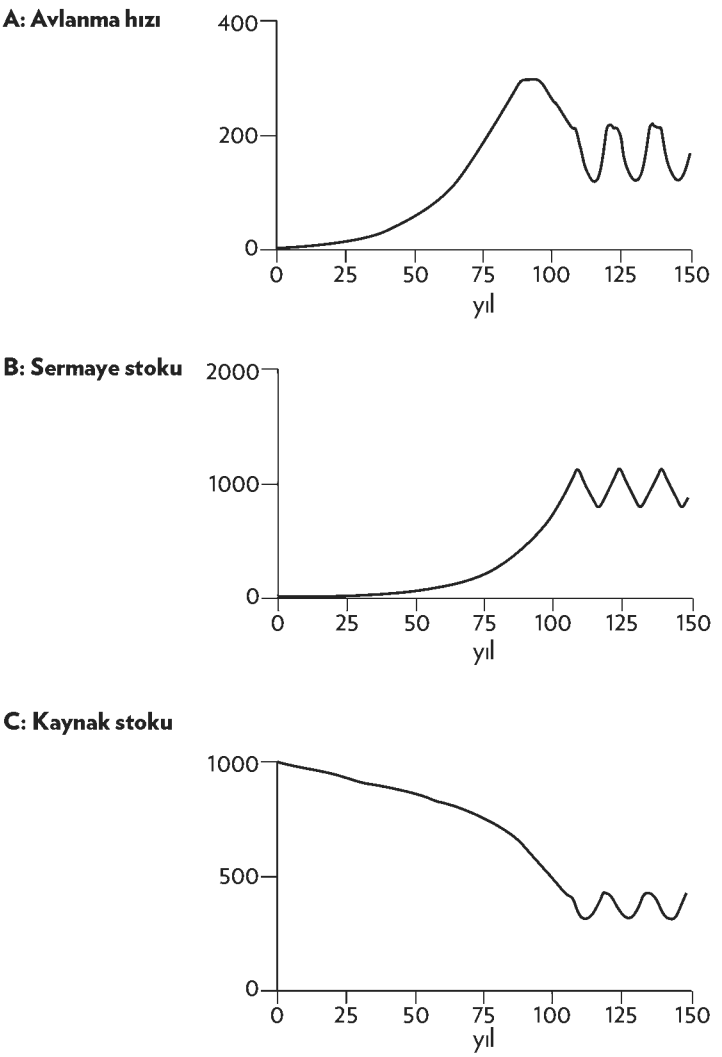
Bu sistem birçok farklı davranış kümesi üretebilir. Şekil 43 bunlardan birini göstermektedir.

Şekil 43'te, başlangıçta sermaye ve balık avcılığının üstel arttığını görüyoruz. Balık nüfusu (kaynak stoku) düşüyor ama bu balık üreme hızını tetikliyor. On yıllar boyunca kaynak üstel artan bir balık avı oranı sağlamaya devam edebilir. Sonunda, avcılık çok artar ve balık nüfusu, balıkçı filosunun kârlılığını azaltacak kadar düşer. Azalan avın kârları düşüren dengeleyici geri besleme döngüsü, yatırım oranını balıkçılık filosu balık kaynağı ile dengeye gelecek şekilde hızla düşürür. Filo sonsuza dek büyüyemez ama yüksek ve istikrarlı bir balık avlama oranını sonsuza kadar koruyabilir.

Bununla birlikte dengeleyici geri besleme döngüsünün gücünde birim sermaye başına getiri yoluyla oluşacak küçük bir değişiklik, şaşırtıcı bir fark yaratabilir. Balıkçılıkta avı artırmak için, endüstrinin teknelerin verimliliğini artıracak bir teknoloji geliştirdiğini varsayalım (örneğin, daha kıt olan balığı bulmak için sonar). Balık nüfusu azaldıkça, filonun, tekne başına aynı avı yakalama yeteneği biraz daha uzun süre korunur (bkz. Şekil 44).

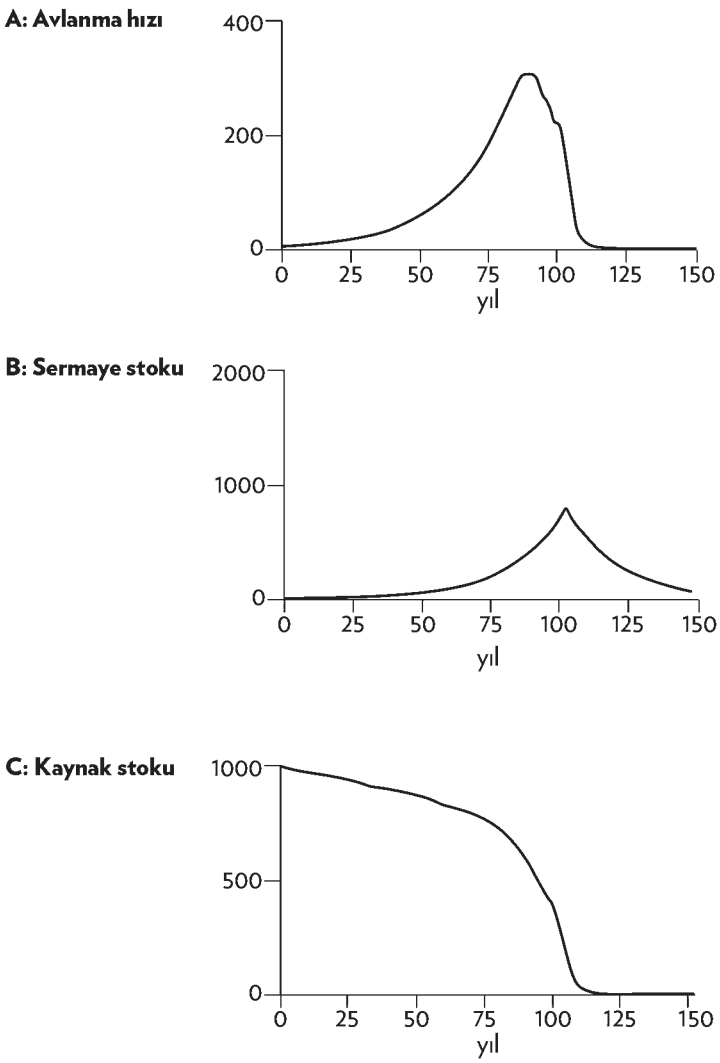


Şekil 43. Yıllık av (A), sermaye stokunun (B) büyümesine izin veren kârlar yaratır, bu örnekte av miktarı küçük bir hedef aşımından sonra dengeleniyor. Balık avının dengelenmesinin sonucu, kaynak stokunun (C) da stabilize olmasıdır.



Şekil 44. Birim sermaye başına verimde hafif bir artış –bu durumda teknolojinin giderek daha verimli olması– avlanma hızında (A), ekonomik sermaye stokunda (B) ve kaynak stokunda, hedef aşımı ve sonra sabit bir değer etrafında salınım örüntüsünü ortaya çıkartır.

Şekil 44'te bir başka "yüksek kaldıraç ancak yanlış yönde" durumu! Tüm balıkçıların verimliliğini artıran bu teknik değişiklik, sistemi istikrarsızlığa sürükler. Salınımlar ortaya çıkar!



Şekil 45. Birim sermaye başına verimde daha da büyük bir artış, avlanma (A), ekonomik sermaye (B) ve kaynakta (C) hedef aşımı ve yıkım örüntüsü yaratır.

Balıkçılık teknolojisi daha da iyiye giderse, tekneler çok düşük balık yoğunluklarında bile ekonomik olarak çalışmaya devam edebilir. Sonuç, hem balık hem de balıkçılık endüstrisinin neredeyse tamamen ortadan kalkması olabilir. Sonuç, çölleşmenin denizdeki karşılığıdır. Balıklar, sonuçta, yenilenemez bir kaynağa dönüştürülmüştür. Şekil 45 bu senaryoyu göstermektedir.

Yenilenemez kaynaklar stok-sınırlıdır. Tüm stok bir kerede elde edilebilir ve herhangi bir hızda çıkarılabilir – esas olarak çıkarım sermayesi ile sınırlıdır. Ancak stok yenilenmediğinden, çıkış ne kadar hızlı olursa kaynağın ömrü de o kadar kısa olur.

Gerçek yenilenebilir kaynaklara dayanan birçok reel sektörde –bu basit modelin aksine– hayatta kalan çok küçük bir nüfus, avlanmayı yönlendiren sermaye çekildikten sonra tekrar çoğalma potansiyeline sahiptir. Tüm örüntü on yıllar içinde tekrar eder. Bunun gibi çok uzun erimli yenilenebilir kaynak döngüleri pek çok defa gözlenmiştir. Örneğin, New England'daki tomruk endüstrisi, şimdi üçüncü kez "büyüme, aşırı kesme, çökme ve sonunda tekrar yenilenme" döngüsündedir. Ancak bu, tüm kaynak nüfusları için geçerli değildir. Gittikçe artan teknoloji ve avlanma verimliliği, kaynak nüfuslarını yok olmanın eşiğine getirebilmektedir.

Yenilenebilir kaynaklar akış-sınırlıdır. Çıkarımı veya hasatı/avlanmayı, sadece yeniden üreme hızlarına eşit sonlu bir akış hızında olduğu sürece, süresiz olarak destekleyebilirler ancak yenilendiklerinden daha yüksek hızda çıkarılırlarsa, sonunda kritik bir eşiğin altına sürüklenebilir ve sonuçta yenilenemez hale gelebilirler.

Gerçek bir yenilenebilir kaynak sisteminin, aşırı avlanmaya karşılık varlığını sürdürüp sürdüremeyeceği, kaynak ciddi şekilde tükendiğinde ona ne olduğuna bağlıdır. Çok küçük bir balık nüfusu, kirliliğe, fırtınalara veya genetik çeşitliliğin eksikliğine karşı özellikle savunmasız hale gelebilir. Bu bir orman veya otlaksa, açıkta kalan toprak erozyona karşı savunmasız hale gelebilir. Veya neredeyse boş bir ekolojik alan rakip bir tür tarafından doldurulabilir. Ya da belki tükenmiş kaynak hayatta kalabilir ve kendini yeniden inşa edebilir.

Yenilenebilir kaynak sisteminin üç olası davranışını burada gösterdim:

- Hedef aşımı ve sürdürülebilir dengeye uyum sağlama,
- Denge noktasının ötesinde hedef aşımı ve salınım,
- Hedef aşımını takip eden kaynağın ve kaynağa bağımlı endüstrinin çöküşü.

Gerçekte hangi sonucun ortaya çıktığı iki şeye bağlıdır. Birincisi, aşılması durumunda kaynağın nüfusunun kendini yenileme yeteneğinin zarar gördüğü kritik eşiktir. İkincisi, kaynak tükendikçe sermaye büyümesini yavaşlatan dengeleyici geri besleme döngüsünün hızı ve etkililiğidir. Eğer geri besleme kritik eşiğe gelmeden önce sermaye büyümesini durduracak kadar hızlıysa tüm sistem sorunsuz

bir şekilde dengeye gelir. Dengeleyici geri besleme döngüsü daha yavaş ve daha az etkili ise sistem salınıma girer. Dengeleyici döngü çok zayıfsa ve bunun sonucunda, kaynak kendini yenileyebileceği kritik eşiğin altına düştüğünde bile sermaye büyümeye devam edebiliyorsa, hem kaynak hem de endüstri çöker.

Büyümenin ne yenilenebilir ne de yenilenemez sınırları, fiziksel bir stokun sonsuza kadar büyümesine izin vermez. Ancak dayattıkları kısıtlar dinamik açıdan oldukça farklıdır. Fark, stok ve akışlar arasındaki farktan kaynaklanır.

Püf noktası, karmaşık sistemlerin tüm davranış olasılıklarında olduğu gibi, hangi yapıların hangi örtülü davranışları içerdiğini ve hangi koşulların bu davranışları serbest bıraktığını tanımak ve yıkıcı davranışların olasılığını azaltmak ve yararlı olanların olasılığını artırmak için yapıları ve koşulları mümkün olduğunda düzenlemektir.

KISIM İKİ

SİSTEMLER VE BİZ

ÜÇ

Sistemler Neden Bu Kadar İyi Çalışır?

> Toprağın mekanizması bir bütün olarak iyiyse, o zaman biz anlasak da anlamasak da her bir parçası da iyidir. Eğer biyota, yüzyıllar boyunca, bizim sevdiğimiz ama anlamadığımız bir şey yarattıysa, o zaman ancak bir ahmak işe yaramaz gibi gözüken parçaları kenara atabilir. Bir şeyi kurcalarken alınacak ilk akıllıca önlem her bir çark ve dişliyi saklamaktır.
>
> —Aldo Leopold,[1] ormancı

İkinci Bölüm'de kendi yapılarına bağlı olarak kendi davranışlarını üreten basit sistemlere değinildi. Bu sistemlerin bazıları oldukça şıktır –dünyanın darbelerinden sağ salim çıkar– ve limitler dahilinde, dengesini geri kazanır ve bir oda sıcaklığını korumak, petrol alanını tüketmek ya da balıkçı filosunun büyüklüğünü balık kaynağındaki üretime göre dengelemek gibi işlerine devam ederler.

Sistemler eğer çok zorlanırsa dağılabilir ya da önceden görülmemiş davranışlar sergileyebilir. Ama genel anlamda gayet iyi çalışırlar. Sistemlerin güzelliği de buradadır; oldukça iyi çalışabilirler. Sistemler iyi çalıştığında işleyişlerinde bir çeşit uyum görürüz. Bir fırtınayla baş edebilmek için var gücüyle çalışan bir topluluk düşünün. İnsanlar uzun saatler kurbanlara yardım için çalışır, yetenekler ve beceriler ortaya çıkar, acil durum sona erdiğinde ise, hayat "normale" döner.

Sistemler neden bu kadar iyi çalışır? Size tanıdık gelen oldukça işlevsel sistemlerin –makinelerin, insan topluluklarının veya ekosistemlerin– özelliklerini düşünün. Bu sistemlerde şu karakteristik özelliklerden birisini gözlemlemiş olmanız ihtimali hayli yüksektir: dayanıklılık, öz düzenleme ve hiyerarşi.

Dayanıklılık

> Bir sistemi değişmezlik gömleğine tıkmanız, kırılganlığın gelişmesine neden olabilir.
>
> —C. S. Holling,[2] ekolog

Dayanıklılık mühendislikte, ekolojide veya sistem biliminde farklı tanımlanır. Bizim amacımız için sözlük anlamı yeterli olur: "Bastırılıp gerildikten sonra ilk şekline veya pozisyonuna geri dönebilme yeteneği. Esneklik. Gücü, hevesi, keyfi veya herhangi bir özelliği hızlıca geri kazanabilme yeteneği." Dayanıklılık sistemin değişken bir ortamda hayatta kalma ve direnebilmesinin ölçütüdür. Dayanıklılığın tersi, kırılganlık veya katılıktır.

Dayanıklılık, büyük bir karışıklıktan sonra bile sistemi yeniden canlandırmak için değişik şekillerde çalışabilen pek çok geri besleme döngüsünün zengin yapısından ortaya çıkar. Tek bir dengeleyici döngü, sistem stokunu arzu edilen durumuna geri getirir. Dayanıklılık, farklı mekanizmalarla farklı zaman ölçeklerinde ve yedeklerle –biri başarısız olduğunda diğeri devreye girerek– çalışan bu tip pek çok döngü tarafından sağlanır.

Geri besleme döngülerini *yenileyen* veya *yeniden inşa eden* birtakım geri besleme döngüleri daha üst düzeyde dayanıklıdır – buna üst-dayanıklılık diyebilirsiniz. Daha da üst seviyede üst-dayanıklılık; öğrenebilen, yaratabilen, tasarlayabilen ve daha karmaşık güçlendirici yapılara *evrilebilen* geri besleme döngülerinden kaynaklanır. Bunu yapabilen sistemler öz düzenlenebilenlerdir ki bu birazdan değineceğim bir diğer şaşırtıcı sistem özelliğidir.

İnsan vücudu, dayanıklı sistemlerin hayret verici bir örneğidir. Binlerce farklı türde istilacıyı savuşturabilir, geniş sıcaklık aralıklarına ve gıda temininde büyük değişimlere dayanabilir, kan dolaşımını yeniden düzenleyebilir, yaraları iyileştirebilir, metabolizmayı yavaşlatıp hızlandırabilir ve bir seviyeye kadar kayıp veya kusurlu parçaları telafi edebilir. Bütün bunlara, öğrenen, sosyalleşen, teknolojiler tasarlayan ve hatta vücut parçalarını nakledebilen öz düzenleme zekasını eklediğinizde, müthiş dayanıklılıkta bir sistem elde edersiniz – yine de sonsuz bir dayanıklılık değil, çünkü şu ana kadar hiçbir beden+zeka kendisini veya bir başkasını nihayetinde ölümden kurtaracak kadar dayanıklı olamadı.

Dayanıklılığın her zaman sınırları vardır.

Ekosistemler de birbirlerini kontrol altında tutan, boşlukta hareket eden, hava ve besinlerin varlığı veya insan faaliyetlerinin etkisiyle zaman içinde çoğalan veya tükenen çeşitli türlerin varlığıyla dikkat çekici derecede dayanıklıdır. Nüfus

ve ekosistemler ayrıca inanılmaz derecede zengin genetik çeşitlilikleri aracılığıyla "öğrenme" ve evrilme yeteneğine sahiptirler. Yeterli zaman verildiğinde yaşam desteği için değişen fırsatlardan yararlanmak için yepyeni sistemler geliştirebilirler.

Dayanıklılık zaman boyunca durağan ya da sabit olmakla aynı şey değildir. Dayanıklı sistemler oldukça dinamik olabilirler. Aslında, kısa süreli salınımlar ya da dönemsel nüfus patlamaları, arka arkaya uzun süreli yükselme ve çökme döngüleri, dayanıklılık sistemi eski haline getirme görevini yaparken ortaya çıkan normal durumlar olabilir!

Ve, tam tersi olarak, zaman boyunca durağan olan sistemler dayanıklı olmayabilirler. Statik stabilite ve dayanıklılık arasındaki bu ayrım önemlidir. Statik stabilite görebileceğiniz bir şeydir: Sistemin durumunda, haftadan haftaya veya yıldan yıla ortaya çıkan değişimle ölçülür. Sistemin sınırlarını aşmadıkça, dengeleyici döngülerini aşırı yüklenip zarar vermediğiniz, sistem yapısını bozmadığınız sürece dayanıklılığı görmek hayli zor olabilir. Çünkü dayanıklılık bütünsel-sistem bakışı olmadan açıkça görünür olmayabilir; insanlar çoğunlukla dayanıklılığı kararlılık, üretkenlik veya hemen fark edilebilen diğer sistem özellikleri için feda ederler.

- Sığırlar için genetik mühendislikle geliştirilmiş büyüme hormonu, ineğin besin alımını orantılı olarak artırmaya gerek olmadan, süt üretimini artırır. Hormon, ineğin metabolik enerjisinin bir kısmını, diğer vücut fonksiyonlarından alarak süt üretimine yönlendirir. (Sığır yetiştiriciliği de yüzyıllardır aynı şeyi yaptı ama bu seviyede değil.) Üretim artışının bedeli, azalan dayanıklılıktır. İnek daha az sağlıklı, daha kısa ömürlü olur ve insanlar tarafından bakılmaya daha muhtaç hale gelir.
- Ürünlerin perakendeciye veya parçaların üreticiye tam zamanında teslim edilmesi, envanter dengesizliklerini azaltmış ve pek çok endüstride maliyetleri aşağı çekmiştir. Bununla beraber Tam Zamanında Modeli, üretim sistemlerini; yakıt tedariki, trafik akışı, bilgisayar arızası, iş gücü tedariki ve diğer olası aksaklıklara karşı daha savunmasız hale de getirmiştir.
- Avrupa'da ormanların yüzyıllar süren yoğun işlenmesi sonucunda, yerel ekosistemlerin yerini yavaş yavaş çoğunlukla yerel olmayan tek-yaş, tek-tür koruluklar almıştır. Bu ormanlar süresiz olarak yüksek oranda odun ve selüloz vermek üzere tasarlanmıştır. Ancak bu ormanlar birbirleriyle etkileşim içinde ve topraktan çeşitli besin kombinasyonlarını alan ve geri veren farklı türler olmadığında dayanıklılıklarını yitirmiştir. Yeni bir saldırı biçimine özellikle savunmasız hale gelmiş görünüyorlar: "Endüstriyel hava kirliliği."

Kanser ve kalp hastalıkları gibi pek çok kronik rahatsızlık, DNA'yı onaran, kan damarlarını esnek tutan ve hücre bölünmesini kontrol eden dayanıklılık

mekanizmalarının çökmesinden kaynaklanmaktadır. Pek çok yerde ekolojik felaketler, türler ekosistemden uzaklaştırılıp, toprağın biyolojisi ve kimyası bozulup, toksinler biriktikçe dayanıklılığın yitirilmesinden kaynaklanır. Şirketlerden devletlere kadar her türlü büyük organizasyon, çevrelerini algılamaları ve cevap üretmeleri için gereken geri besleme mekanizmaları çok fazla gecikme ve bozulma katmanından geçmek zorunda kaldığı için dayanıklılığını yitirir. (Hiyerarşilere geldiğimizde daha ayrıntılı göreceğiz.)

Dayanıklılığı, sistemin üzerinde oynayabileceği, normal işlevlerini güvenli bir şekilde yerine getirebileceği bir düzlem gibi düşünürüm. Dayanıklı bir sistemin, üzerinde dolaşabileceği kocaman bir alanı ve tehlikeli sınırlara geldiğinde kendisini toparlayacak yumuşak ve esnek duvarları olan büyük bir düzlemi vardır. Sistem dayanıklığını kaybettikçe düzlem küçülür, koruyucu duvarları alçalır ve kaskatı hale gelir, ta ki sistem bıçak sırtında çalışır ve hareket ettiği anda bir tarafa düşecek hale gelene kadar. Dayanıklılığın kaybı çok şaşırtıcı bir şekilde gerçekleşebilir çünkü sistem genellikle oyuna, oyun alanından daha çok önem verir. Bir gün, daha önceden yüzlerce defa yaptığı bir şeyi yapar ve çöker.

Sistemler sadece kararlılık ve üretkenlik için değil dayanıklılık –karışıklıktan kurtulma kendini yenileme ve onarma yeteneği– için de yönetilmelidir.

Dayanıklılığın farkında olmak, bir sistemin kendi onarıcı güçlerini korumanın veya iyileştirmenin pek çok yolunu görmeyi sağlar. Bu farkındalık, çiftliklerde avcı böceklerin zararlıları kontrol etme görevini daha fazla üstlenebilmelerini sağlayan doğal ekosistem yaklaşımının ardındaki teşvik edici güçtür. Bu farkındalık, sadece hastalıkları iyileştirmeye değil aynı zamanda vücudun iç direncini güçlendirmeye de çalışan "bütünsel" sağlık hizmetlerinin dayanağıdır. İnsanların kendi yiyeceğini ya da parasını temin etmesini engelleyen durumları değiştirmeye çalışarak onlara yiyecek ya da para vermekten fazlasını yapan yardım programlarının arkasındaki bilinçtir.

Öz Düzenleme

> Evrim; sadece dünya tarihi boyunca çevrenin değişmesiyle ortaya çıkan ve hayatta kalma mücadelesi tarafından seyri belirlenen, bir dizi kaza sonucu ortaya çıkmış gibi değil… aynı zamanda belirli yasalarla yönetiliyor gibi de görünüyor. Bu yasaların keşfi geleceğin en önemli görevlerinden birini oluşturmaktadır.
>
> —Ludwig von Bertalanffy,[3] biyolog

Bazı karmaşık sistemlerin en olağanüstü özelliği; öğrenebilme, çeşitlenebilme, karmaşık hale gelebilme ve evrilebilme yeteneğidir. Tek bir döllenmiş yumurtanın, kendisinden, yetişkin bir kurbağanın veya tavuğun veya insanın inanılmaz karmaşıklığını üretebilme yeteneğidir. Doğanın bir organik kimyasallar birikintisinden milyonlarca muhteşem türü çeşitlendirebilme yeteneğidir. Bir toplumun; kömür yakma, su pompalama, buhar oluşturma ve iş gücünde uzmanlaşma fikirlerini, sonunda araba montaj fabrikasına, bir gökdelenler şehrine, dünya çapında bir iletişim ağına dönüştürme becerisidir.

Sistemin bu şekilde kendi yapısını daha karmaşık hale getirebilme yeterliliği öz düzenleme olarak adlandırılır. Bir kar tanesi ya da kötü yalıtımlı bir pencerede ince bir buz tabakası ya da aşırı doygun bir çözeltide aniden oluşan bir kristal bahçesi gördüğünüzde, öz düzenlemenin küçük ve mekanik haline tanıklık edersiniz. Bir tohum filizlendiğinde veya bir bebek konuşmayı öğrendiğinde veya bir mahalle bir araya gelerek zehirli atık çöplüğüne karşı gelmeye karar verdiğinde, öz düzenlemeyi daha derin bir şekilde görürsünüz.

Öz düzenleme özellikle yaşayan sistemlerin o kadar yaygın bir özelliğidir ki onu hafife alırız. Eğer hafife almamış olsaydık, dünyamızın gözlerimizin önüne serilen sistemleri karşısında büyülenirdik. Ve öz düzenleme özelliğine karşı neredeyse kör olmamış olsaydık, parçası olduğumuz sistemlerin öz düzenleme kabiliyetlerine zarar vermekten çok onları desteklemekte çok daha iyi olabilirdik.

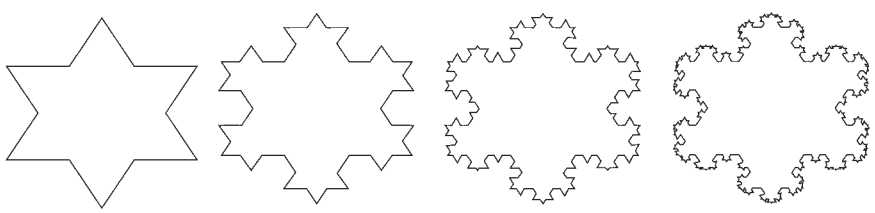
Dayanıklılık gibi öz düzenleme de kısa erimli üretkenlik ve kararlılık için sıklıkla feda edilir. Üretkenlik ve kararlılık; yaratıcı insanoğlunu üretim süreçlerinin mekanik yardımcılarına dönüştürmenin ya da kültür bitkilerinin genetik çeşitliliğini daraltmanın ya da insanlara sadece sayılardan ibaretmiş gibi davranan bürokrasilerin ve bilgi teorilerinin geliştirilmesinin alışılagelmiş bahaneleridir.

Öz düzenleme heterojenlik ve öngörülemezlik üretir. Tamamen yeni yapılar ve yepyeni iş yapış biçimleri bulması mümkündür. Özgürlük ve deneycilik ve bir miktar da düzensizliğe gereksinim duyar. Öz düzenlemeyi teşvik eden bu koşullar bireyler için ürkütücü olabilir ve otorite yapılarını tehdit edebilir. Sonuç olarak, eğitim sistemleri öğrencilerin yaratıcı güçlerini kamçılamak yerine kısıtlayabilir. Ekonomi politikaları yeni başlayanları değil yerleşik ve güçlü işletmeleri desteklemeye yönelebilir. Ve pek çok devlet, halkının çok fazla öz düzenlenebilir olmasını tercih etmez.

Öz düzenleme yaşayan sistemlerin o kadar temel bir özelliğidir ki yasa ve düzen adına uzun, kısır, acımasız, sıkıcı dönemler boyunca baskılansa bile, en baskıcı güç yapısı bile onu tamamen öldüremez.

Sistem teorisyenleri, eskiden, öz düzenlemenin hiçbir zaman anlaşılamayacak kadar karmaşık bir sistem özelliği olduğunu düşünürlerdi. Bilgisayarlar evrimsel olanları değil, mekanik ve "belirlenimci" sistemleri modellemek için kullanılırdı çünkü üzerinde çok da düşünülmeden, evrimsel sistemlerin anlaşılamaz olduğundan şüpheleniliyordu.

Bununla beraber yeni keşifler, birkaç basit düzenleme ilkesinin son derece çeşitli öz düzenleme yapılarına yol açabileceğini göstermektedir. Bir eşkenar üçgen düşünün. Her kenarın ortasına, ilkinin üçte biri boyutunda bir başka eşkenar üçgen ekleyin. Sonra oluşan her yeni kenara bir öncekinin üçte biri büyüklüğünde eşkenar üçgenler ekleyerek böylece devam edin. Sonuçta oluşan şekil Koch kar tanesi olarak adlandırılır (bkz. Şekil 46). Kenarı muazzam uzunluktadır –ama bir çemberin içine sığdırılabilir. Bu yapı fraktal geometrinin basit bir örneğidir– görece basit kurallarla özenle oluşturulmuş şekillerin doldurduğu bir matematik ve sanat evrenidir.



Şekil 46. Burada gösterilen Koch kar tanesi gibi kırılgan ve girift örüntü bile, basit birer düzenleme ilkesi veya karar kuralları kümesinden evrimleşebilir.

Benzer şekilde, eğrelti otunun güzel, narin ve girift yapısı birkaç basit fraktal kuralla bilgisayar tarafından oluşturulabilir. Tek bir hücrenin farklılaşarak insana dönüşmesi de muhtemelen benzer geometrik kurallar dizileriyle ilerler, temelde basittir ama sonuçta mutlak bir karmaşıklık yaratır. (Ortalama bir insan akciğerinin yüzey alanının bir tenis kortunu kaplayacak kadar büyük olması fraktal geometri sayesindedir.)

Basit düzenleme kurallarının, müthiş karmaşıklıkta öz düzenlenebilir sistemlere yol açtığı bazı başka örnekler :

- Virüslerden sekoya ağaçlarına, amiplerden fillere kadar tüm yaşam, DNA, RNA ve protein moleküllerinin kimyasında sarmalanmış temel düzenleme kurallarına dayanır.
- Tarım devrimi ve onu takip eden her şey; insanların bir yere yerleşip, toprak sahibi olup, ekin yetiştirebileceğine dair basit ve şaşırtıcı fikirle başlamıştır.
- "Tanrı evreni merkezinde dünya ile, araziyi merkezinde kale ile ve insanlığı merkezinde kilise ile yarattı." – Ortaçağ Avrupa'sının ayrıntılı sosyal ve fiziksel yapıları için düzenleme ilkesi.

- "Tanrı ve ahlak modası geçmiş fikirlerdir; insanlar nesnel ve bilimsel olmalı, kendi üretim araçlarına sahip olmalı ve bunları çoğaltmalı, insanlara ve doğaya üretimin yararlı girdileri olarak davranmalıdır." Endüstriyel Devrim'in düzenleme ilkeleri.

Teknolojinin çeşitlenen kristalleri, fiziksel yapılar, örgütler ve kültürler, öz düzenlemenin basit kurallarından gelişebilir.

Bilim bugün, öz düzenlenen sistemlerin basit kurallardan ortaya çıkabildiğini biliyor. Kendisi de öz düzenlenen bir sistem olan bilim, dünyanın tüm karmaşıklığının nihayetinde basit kurallardan ortaya çıkması gerektiğini düşünmeyi sever. Ama bilim bunun gerçekte böyle olup olmadığını henüz bilmiyor.

Sistemler sıklıkla öz düzenleme özelliğine; kendini yapılandırma, yeni bir yapı yaratma, öğrenme, çeşitlenme, karmaşıklaşma yeteneğine sahiptir. Öz düzenlemenin karmaşık halleri bile görece basit düzenleme kurallarından ortaya çıkabilir – ya da çıkmayabilir.

Hiyerarşi

Natüralistler bir pirenin üzerinde
ondan beslenen daha küçük pireler olduğunu
ve onların da üzerinde daha daha küçüklerin olduğunu
ve bunun sonsuza kadar uzandığını gözlemlerler.

—Jonathan Swift[4], 18. yüzyıl şairi

Yeni yapılar yaratma ve karmaşıklığı artırma sürecinde, öz düzenlenmenin sıklıkla ortaya çıkardığı bir şey **hiyerarşi**dir.

Dünya ya da onun en azından insanların anladıklarını düşündükleri kısımları, alt sistemlerin daha geniş alt sistemler içinde kümelenmesi ve onların da daha da geniş alt sistemler içinde kümelenmesi şeklinde düzenlenmiştir. Karaciğerinizdeki bir hücre o organın alt sistemidir ki bu da bir organizma olarak sizin alt sisteminizdir ve siz de bir ailenin, bir atletizm takımının, bir müzik grubunun alt sistemisiniz vb. Bu gruplar bir şehir ya da kasabanın, bir ulusun ve daha sonra biyosferin içinde yaşayan bütün bir küresel sosyoekonomik sistemin alt sistemleridir. Sistem ve alt sistemlerin bu düzenine hiyerarşi denir.

Kurumsal sistemler, askeri sistemler, ekolojik sistemler, yaşayan organizmalar hiyerarşik olarak düzenlenmiştir. Böyle olması tesadüf değildir. Daha büyük sistemler alt sistemlerin işlevlerini eş güdümleyip iyileştirirken, alt sistemler de

büyük ölçüde kendi başının çaresine bakabilir, kendisini ayarlayabilir, varlığını sürdürebilir ve yine de daha büyük sistemin ihtiyaçlarına hizmet edebilirse dengeli, dayanıklı ve verimli bir yapı ortaya çıkar. Başka tür bir düzenlemenin nasıl olabileceğini hayal etmek zor.

Anlatı Arası • Evren neden hiyerarşik olarak düzenlenmiştir?

Bir zamanlar Hora ve Tempus isimli iki saatçi varmış. Her ikisi de çok güzel saatler yaparmış ve bir sürü müşterileri varmış. İnsanlar sürekli dükkanlarına gelir ve telefonları yeni siparişler yüzünden hiç susmazmış. Yıllar içinde Hora zenginleşirken, Tempus gittikçe fakirleşmiş. Bunun sebebi Hora'nın hiyerarşi ilkesini keşfetmesiymiş.

Hora ve Tempus'un yaptıkları saatler bin civarında parçadan oluşuyormuş. Tempus tüm parçaları öyle bir araya getirirmiş ki kısmen monte edilmiş bir saati elinden bırakması gerektiğinde –telefona cevap vermek için mesela– tüm parçalar dağılırmış. Geri döndüğünde en baştan başlamak zorunda kalırmış. Daha çok müşteri aradıkça, bir saati bitirmek için gerekli olan kesintisiz zamanı bulmak zorlaşıyormuş.

Hora'nın saatleri Tempus'unkilerden daha az karmaşık değilmiş. Fakat Hora her biri yaklaşık 10 parçadan oluşan kararlı montaj grupları oluştururmuş. Sonra bu montaj gruplarının 10 tanesini birleştirerek daha büyük montaj grupları oluşturur ve bu grupların 10 tanesi de saati oluştururmuş. Hora ne zaman tamamlanmamış bir saati telefona bakmak için elinden bırakmak zorunda kalsa, işinin sadece küçük bir bölümünü kaybedermiş. Böylece saatlerini Tempus'tan daha hızlı ve verimli bir biçimde bitirebiliyormuş.

Karmaşık sistemler ancak kararlı ara biçimler varsa, basit sistemlerden evrilebilirler. Ortaya çıkan karmaşık formlar doğal olarak hiyerarşik olacaktır. Bu, doğanın bize sunduğu sistemlerde hiyerarşilerin neden bu kadar yaygın olduğunu açıklayabilir. Bütün olası karmaşık formlar içinde, evrilmek için gereken zamana sahip olan sadece hiyerarşilerdir[5].

Hiyerarşiler, sadece sisteme kararlılık ve dayanıklılık sağladıkları için değil, ayrıca sistemin herhangi bir parçasının izlemesi gereken bilginin miktarını azalttıkları için de mükemmel sistem buluşlarıdır.

Hiyerarşik sistemlerde her bir alt sistemin *içindeki* ilişkiler, alt sistemler *arasındaki* ilişkilerden daha yoğun ve güçlüdür. Her şey diğer her şeyle hâlâ bağlantılıdır ama eşit kuvvette değildir. Üniversitede aynı bölümdeki insanlar birbirleriyle

diğer bölümlerdeki insanlarla konuştuklarından daha fazla konuşurlar. Karaciğer hücrelerinin kendi aralarında kurduğu iletişim kalp hücreleri ile kurduklarından daha yakındır. Hiyerarşi içindeki katmanların her birinin içinde ve birbirleriyle olan bu kademeli bilgi bağlantıları doğru tasarlanırsa geri besleme gecikmeleri en aza indirilir. Hiçbir katman bilgiye boğulmamış olur. Sistem etkinlikle ve dayanıklılıkla çalışır.

Hiyerarşik sistemler kısmen ayrıştırılabilir. Parçalara ayrılabilir ve özellikle yoğun bilgi bağlantılarına sahip olan alt sistemler kısmen de olsa bağımsız sistemler olarak işlevlerini sürdürebilirler. Hiyerarşiler bozulduğunda genellikle alt sistemlerinin sınırları boyunca ayrılırlar. Sistemleri farklı hiyerarşik katmanlardan parçalara ayırarak –hücreler, organlar vb.– ve bunları ayrı ayrı inceleyerek çok şey öğrenilebilir. Dolayısıyla sistem düşünürleri bilimin indirgemeci çözümlemesinin bize çok şey öğrettiğini söylerler. Bununla birlikte her bir alt sistemi diğerlerine ve hiyerarşide daha yüksekteki katmanlara bağlayan önemli ilişkileri gözden kaçırmamak gerekir yoksa sürprizlerle karşılaşılabilir.

Örneğin, bir karaciğer rahatsızlığınız varsa doktor genellikle sizi kalbinize veya bademciklerinize (aynı hiyerarşik katmanda kalarak) veya kişiliğinize (bir iki katman yukarı çıkarak) veya karaciğer hücresindeki DNA çekirdeğine (bir kaç katman aşağı inerek) pek fazla dikkat etmeden tedavi edebilir. Bununla birlikte bu kuralın, geri çekilip bütün bir hiyerarşiyi göz önünde bulundurmanızı zorunlu kılan yeterince istisnası vardır. Belki işiniz yüzünden maruz kaldığınız bir kimyasal karaciğerinize zarar veriyordur. Belki hastalık DNA'daki bir işlev bozukluğundan kaynaklanmaktadır.

Öz düzenlenen sistemler yeni hiyerarşi ve bütünleşme seviyeleri geliştirdikçe düşünmeniz gereken şey zamanla değişebilir. Ulusların enerji sistemleri bir zamanlar tamamen birbirinden ayrışabiliyordu. Bu artık doğru değil. Düşünüşleri enerji ekonomisi kadar hızlı evrilmemiş olan insanlar, dünyanın öbür ucundaki kaynaklara ve kararlara ne kadar bağımlı hale geldiklerini keşfettiklerinde çok şaşırabilirler.

Öz düzenlenen sistemlerin hiyerarşiyi oluşturduklarını izleyebilirsiniz. Serbest çalışan birisi çok fazla iş alır ve yardım etmeleri için birilerini işe alır. Küçük, resmi olmayan, kâr amacı gütmeyen bir organizasyon pek çok üye ve daha büyük bir bütçe edinir ve üyeler bir gün "tüm bunları organize etmesi için birisine ihtiyacımız var" diyebilir. Bölünen bir hücre kümesi, özel işlevler için farklılaşır ve bütün hücreleri beslemek için dallanan bir dolaşım sistemi ve bunları koordine etmek için dallanan bir sinir sistemi oluşturur.

Hiyerarşiler en alt katmandan başlayarak yukarı doğru evrilir (parçalardan bütüne, hücreden organa ve organizmaya, bireyden takıma, üretimden üretimin yönetimine). İlk çiftçiler kendilerini korumak ve daha verimli ticaret yapabilmek için bir araya gelerek şehirler oluşturmaya karar verdiler. Hayat fillerle değil tek hücreli bakterilerle başladı. Bir hiyerarşinin asıl amacı her zaman, başlangıçtaki alt sistemlerin işlerini daha iyi yapmalarına yardım etmektir. Bu, ne yazık ki çok eklemli büyük bir hiyerarşide daha alt ve daha üst katmanların kolaylıkla unutabildikleri bir şeydir. Bu nedenle birçok sistem hatalı çalışan hiyerarşiler yüzünden hedeflerimizi karşılayamıyor.

Eğer bir takım üyesi kendi şöhretiyle, takımının kazanmasından daha çok ilgiliyse takımın kaybetmesine sebep olabilir. Bir hücre kendi hiyerarşik işlevinden kurtulur ve çılgınca çoğalmaya başlarsa buna kanser deriz. Eğer öğrenciler amaçlarının öğrenmek değil en yüksek notları almak olduğunu düşünürlerse kopya vb. zararlı davranışlar ortaya çıkar. Tek bir şirket kendi çıkarı için devlete rüşvet verirse rekabetçi pazarın avantajları ve tüm toplumun çıkarı zarar görür.

Bir alt sistemin amacı, sistemin bütününün amacı pahasına baskın hale geldiğinde, ortaya çıkan davranışa **alt optimizasyon** denir.

En az alt optimizayon kadar zararlı bir başka problem de çok fazla merkezi kontroldür. Eğer beyin tüm hücreleri çok sıkı kontrol ederse ve hücre kendi bakımını yapabilme işlevini yerine getiremezse tüm organizma ölebilir. Eğer merkezi kurallar ve düzenlemeler öğrencileri ve öğretim üyelerini bilgiyi özgürce keşfetmekten alıkoyuyorsa üniversite amacını gerçekleştiremez. Bir takımın koçunun iyi bir oyuncunun oyun sırasındaki sezgilerine müdahalesi, takımın zararına olabilir. Tepeden gelen fazla kontrolün ekonomik örnekleri, şirketlerden uluslara kadar tarihteki büyük felaketlerin sebebidir ki bunların hiçbirisi geride kalmış değildir.

Yüksek işlevli bir sistem için hiyerarşi; alt sistemlerin ve sistemin bütününün refahını, özgürlüklerini ve sorumluluklarını dengelemelidir – daha büyük sistem hedefine ulaşmak için gerekli eş-güdümü sağlamaya yetecek kadar merkezi kontrol ve tüm alt sistemlerin gelişmeye, işlev görmeye ve öz düzenlemeye devam etmesini sağlayacak kadar otonomi.

Hiyerarşik sistemler, aşağıdan başlayarak yukarıya doğru evrilir. Hiyerarşide yukarı katmanların amacı, aşağı katmanlara hizmet etmektir.

Dayanıklılık, öz düzenleme ve hiyerarşi dinamik sistemlerin bu kadar iyi çalışabilmesinin üç sebebidir. Bu özelliklerin desteklenmesi ve yönetilmesi, sistemin işlevini uzun süre yerine getirebilme kabiliyetini geliştirir yani sistem sürdürülebilir olur. Fakat sistemlerin nasıl davrandıklarını izlemek de sürprizlerle doludur.

— DÖRT —

Sistemler Bizi Neden Şaşırtır?

> Problem şu ki... ürkütücü seviyede cahiliz. Aramızdaki en bilgililer cahil... Bilgi edinmek daima cehaletin ortaya çıkmasını da içerir. Hatta neredeyse cehaletin ortaya çıkışıdır. Dünyaya dair bilgimiz, bize her şeyden önce, dünyanın bizim dünya hakkında bildiğimizden daha büyük olduğunu öğretiyor.
>
> —Wendell Berry[1], bir yazar ve Kentucky'de bir çiftçi

"Sistem bahçesi"nin basit sistemleri davranışlarıyla sizi şaşırtmış olabilir. Yıllardır sistemleri öğretiyor olmama rağmen beni hâlâ şaşırtmaya devam ediyor. Sizin ve benim şaşırıyor oluşumuz dinamik sistemler hakkında olduğu kadar bizim hakkımızda da çok şey söylüyor. Dinamik sistemler hakkında bildiğimi sandığım şey ile gerçek dünyaki deneyimim arasındaki etkileşimler hemen her zaman mahçup edicidir. Onlar bana üç gerçeği hatırlatır durur:

1. Dünya hakkında bildiğimizi sandığımız her şey bir modeldir. Her kelime ve her dil bir modeldir. Tüm haritalar ve istatistikler, kitaplar ve veri tabanları, denklemler ve bilgisayar programları, modellerdir. Dünyaya dair zihnimde canlandırdığım şeyler de öyledir. Bunlar benim zihinsel modellerimdir. Bunların hiçbiri gerçek dünyanın ta kendisi değildir ve asla da olmayacaktır.
2. Modellerimiz genellikle dünya ile güçlü bir uyumluluğa sahiptir. Bu yüzden biyosferde bu kadar başarılı bir türüz. Çevremizdeki doğayla, insanlar ve örgütlerle doğrudan ve yakın deneyimimiz sonucu geliştirdiğimiz zihinsel modellerimiz özellikle karmaşık ve sofistikedir.
3. Bununla birlikte ve tam tersine, modellerimiz dünyayı tam olarak temsil etmekten çok uzaktır. Bu yüzden hata yapıyoruz ve sürekli olarak şaşırıyoruz. Kafamızda, aynı anda sadece birkaç değişkeni takip edebiliriz. Genellikle doğru varsayımlardan mantıksız sonuçlar veya yanlış varsayımlardan mantıklı sonuçlar çıkarırız. Örneğin, çoğumuz üstel bir sü-

recin üretebileceği büyüme miktarına şaşırırız. Çok azımız karmaşık bir sistemde salınımların nasıl sönümlendirileceğini sezebiliriz.

Kısacası, bu kitap bir ikilik üzerine kuruludur. Dünyanın nasıl çalıştığı hakkında çok fazla şey biliyoruz ancak bu hiç yeterli değil. Bilgimiz inanılmaz ama cehaletimiz çok daha fazla. Anlayışımızı geliştirebiliriz ancak mükemmel hale getiremeyiz. Bu ikiliğin her iki tarafına da inanıyorum çünkü sistemleri çalışarak çok şey öğrendim.

Dünya hakkında bildiğimizi sandığımız her şey bir modeldir. Modellerimiz dünya ile güçlü bir uyum içindedir. Modellerimiz gerçek dünyayı tam olarak temsil etmekten uzaktır.

Bu bölüm dinamik sistemlerin bu kadar sıklıkla şaşırtıcı olmasının bazı nedenlerini açıklamaktadır. Başka bir deyişle, zihinsel modellerimizin gerçek dünyanın ardıl sorunlarını hesaba katmakta başarısız olduğu bazı durumların bir derlemesidir (en azından bir sistem bakış açısıyla görebileceğiniz durumların). Bu bir uyarı listesi. İşte gizli engeller burada yatıyor. Eğer kısa erimli olaylardan gözünüzü ayırıp uzun erimli davranışları ve yapıyı aramazsanız, eğer sahte sınırların ve sınırlandırılmış akılcılığın farkında olmazsanız, eğer kısıtlayıcı etkenleri, doğrusal olmamayı ve gecikmeleri dikkate almazsanız karşılıklı bağlantılarla dolu, geri beslemelerin hakim olduğu bir dünyada yolunuzu bulamazsınız. Sistemlerin dayanıklılık, öz düzenleme ve hiyerarşi özelliklerini dikkate almazsanız büyük olasılıkla sistemleri yanlış ele alır, yanlış tasarlar ve yanlış okursunuz.

Kötü haber ya da dünyayı kontrol etme ve onun sürprizlerinden zevk alma isteğinize bağlı olarak iyi haber de olabilir; tüm bu sistem özelliklerini anlasanız bile daha az şaşırmakla birlikte yine de sürprizler yaşamaya devam edecekseniz.

Ayartıcı Olaylar

Bir sistem büyük bir kara kutudur
kilitlerini açamadığımız,
ve onun hakkında tüm öğrenebildiğimiz
içine giren ve çıkan şeylerdir.
Girdi-çıktı çiftlerini algılama,
parametrelere bağlı olarak,
bazen ilişki kurmamıza izin verir.
Bir girdi, çıktı ve durum arasında,
bu ilişki iyi ve kararlı ise
o zaman tahmin etmek mümkün olabilir.
Ama eğer bu bizi yüzüstü bırakırsa – Tanrı korusun!
Kapağı zorlamak zorunda kalacağız!

- Kenneth Boulding[2], ekonomist

Sistemler kendilerini bir olaylar dizisi şeklinde sunarak bizi kandırır – ya da biz dünyayı böyle görerek kendimizi kandırırız. Günlük haberler; seçimleri, savaşları, siyasi anlaşmaları, felaketleri, borsa yükseliş ve çöküşlerini anlatır. Sıradan sohbetlerimizin çoğu, belirli zamanlarda ve yerlerde gerçekleşen belirli olaylarla ilgilidir. Bir takım kazanır. Bir nehir taşar. Dow Jones Endüstri Ortalaması 10,000'e ulaşır. Petrol keşfedilir. Bir orman kesilir. Olaylar, sistemin kara kutusundan anbean çıkan çıktılardır.

Olaylar görkemli olabilir: kazalar, suikastlar, büyük zaferler, korkunç trajediler. Duygularımızı yakalarlar. Her ne kadar onlardan binlercesini televizyon ekranlarımızda ya da gazetelerin manşetlerinde görmüş olsak da her biri bir öncekinden bizi büyüleyecek kadar farklıdır (tıpkı hava durumundaki karmakarışık dönüşler ve değişimlerle ilgili büyülenişimizi asla yitirmeyişimiz gibi). Dünyayı bir olaylar dizisi olarak ele almak, hiç bitmez tükenmez biçimde sürükleyicidir ve daima şaşırtıcıdır çünkü dünyayı bu şekilde görmenin neredeyse hiçbir öngörücü veya açıklayıcı değeri yoktur. Suyun üzerinde yükselen bir buzdağının ucu gibi, olaylar daha büyük bir karmaşıklığın en görünür yönüdür ancak her zaman en önemlisi değildir.

Olayların dinamik *davranış* örüntüleri halinde nasıl biriktiğini görebilirsek, daha az şaşkınlığa uğrarız. Takım üst üste galibiyet serisindedir. Yağmurlar sırasında daha yüksek sel suları ve kuraklık sırasında düşük giriş akışlarıyla, nehrin su seviyesinin değişkenliği artmaktadır. Borsa iki yıldır yükseliş eğilimindedir. Petrol bulma sıklığı giderek azalmaktadır. Ormanların kesilmesi giderek artan bir hızda gerçekleşmektedir.

Bir sistemin davranışı zaman boyunca performansıdır. Örneğin büyümesi, durgunluğu, düşüşü, salınımı, rastgeleliği veya evrimi. Eğer haberler olayları tarihsel bağlamı içine daha iyi oturtabilseydi, biz de daha iyi bir davranış-seviyesinde anlayışa ulaşabilirdik ki bu olay-seviyesinde anlayıştan daha derin bir anlayıştır. Bir sistem düşünürü bir problemle karşılaştığında, yaptığı ilk şey; verilere, zaman grafiklerine, sistemin geçmişine bakmaktır. Bunun nedeni, uzun erimli davranışın altta yatan sistem yapısı hakkında ipuçları vermesidir. Ve yapı sadece *ne* olduğunu değil, *neden* olduğunu anlamanın da anahtarıdır.

Bir sistemin yapısı; birbirine bağlı stokları, akışları ve geri besleme döngüleridir. Kutular ve oklar içeren diyagramlar –öğrencilerim onlara "spagetti ve köfte diyagramları" diyor– sistem yapısının resimleridir. Yapı, sistemde hangi davranışların gizli olduğunu belirler. Hedefe yönelen dengeleyici geri besleme döngüsü dinamik bir dengeye yaklaşır veya orada kalır. Pekiştirici bir geri besleme döngüsü üstel büyüme üretir. Bu ikisi, birbirlerine bağlı olarak, büyüme, azalma veya dengede kalma yetkinliklerine sahiptir. Eğer buna ilave olarak gecikmeler de içeriyorlarsa, salınımlar da üretebilirler. Eğer periyodik, ani patlamalar halinde çalışırlarsa daha da şaşırtıcı davranışlar üretebilirler.

Sistem düşüncesi, yapı (stoklar, akışlar ve geri besleme diyagramları) ve davranış (zaman grafikleri) arasında sürekli olarak gider gelir. Sistem düşünürleri, stres yayını serbest bırakan el (olay) ile sonuçta ortaya çıkan salınımlar (davranış) ve stres yayının sarmal bobininin mekanik özellikleri (yapı) arasındaki bağlantıları anlamaya çalışırlar.

Sistemin yapısı, sistem davranışının kaynağıdır. Sistem davranışı zaman boyunca bir dizi olay olarak kendini gösterir.

Stres yayı gibi basit örnekler, bu olay-davranış-yapı ayrımının apaçık görünmesini sağlar. Aslında dünyadaki birçok analiz olaylardan daha derine inmez. Her gece, borsadaki hareketlerin neden o şekilde olduğuna dair açıklamaları dinleyin. Hisse senetleri yükselmiştir (düşmüştür) çünkü ABD doları düşmüştür (yükselmiştir) ya da Merkez Bankası faiz oranı yükselmiştir (düşmüştür) ya da Demokratlar kazanmıştır (kaybetmiştir) ya da bir ülke diğerini işgal etmiştir (ya da etmemiştir). Bunlar, olaydan olaya analizdir.

Bu açıklamalar size yarın ne olacağını tahmin edebilme yeteneği vermez. Size sistemin davranışını değiştirebilme yeteneği vermez. Örneğin, borsayı daha istikrarlı hale getirmek veya şirketlerin sağlığının daha güvenilir bir göstergesine dönüştürmek veya yatırımı teşvik etmek için daha iyi bir araç haline getirmek gibi bir yetenek sağlamazlar.

Çoğu ekonomik analiz bir seviye daha derine iner, zaman boyunca davranış seviyesine. Ekonometrik modeller; gelir, tasarruf, yatırım, devlet harcamaları, faiz oranları, çıktı gibi değişkenlerin arasında genellikle karmaşık denklemler kullanarak istatistiksel bağlantıları bulmaya çalışır.

Bu davranış-temelli modeller, olay-temelli modellerden daha kullanışlıdır ancak yine de esaslı sorunları vardır. Öncelikle, genellikle sistem akışlarına aşırı vurgu yapar ve stokları önemsemezler. Ekonomistler akışların davranışını takip eder çünkü sistemlerde ilgi çekici farklılıkların ve en hızlı değişimlerin ortaya çıktığı yer burasıdır. Ekonomi haberleri, ulusun mal ve hizmet üreten fabrikalarının, çiftliklerinin ve işletmelerinin toplam fiziksel sermayesinden (stok) ziyade, mal ve hizmetlerin ulusal üretim seviyelerini (akış) ve GSMH'yi bildirir. Ancak stokların geri besleme süreçleri yoluyla ilgili akışlarını nasıl etkilediğini görmeden ekonomik sistemlerin dinamiklerini veya davranışlarının nedenlerini anlamak mümkün değildir.

İkincisi ve daha önemlisi, ekonomistler, akışları birbiriyle ilişkilendiren istatistiksel bağlantılar bulmaya çalışırken var olmayan bir şeyi aramaktadırlar. Herhangi bir akışın başka bir akışla sabit bir ilişki kurmasını beklemek için hiçbir neden yoktur. Akışlar, her türlü kombinasyonda, diğer akışlara değil, stoklara yanıt olarak artar, azalır, başlar, biter.

Ne demek istediğimi açıklamak için basit bir örnek kullanayım. Termostatlar hakkında hiçbir şey bilmediğinizi ancak odanın içine ve dışına ısı akışı hakkında elinizde çok fazla geçmiş veri olduğunu varsayalım. Bu akışların geçmişte birlikte nasıl hareket ettiğini açıklayan bir denklem bulabilirsiniz çünkü olağan koşullar altında, aynı stok (odanın sıcaklığı) tarafından yönetilirler ve birlikte değişirler.

Bununla birlikte denkleminiz ancak sistemin yapısında bir şey değişene kadar geçerli olacaktır. Örneğin birisi bir pencere açar ya da yalıtımı iyileştirir ya da ısıtıcıyı ayarlar veya yakıt tedariğini ihmal eder. Sistem değişmediği veya bozulmadığı sürece denkleminizle yarının oda sıcaklığını tahmin edebilirsiniz. Ancak odayı daha sıcak hale getirmeniz istenseydi ya da oda sıcaklığı aniden düşmeye başlasa ve bunu düzeltmek zorunda kalsaydınız ya da aynı oda sıcaklığını daha düşük bir yakıt faturası ile elde etmek isteseydiniz, davranış-seviyesi analiziniz size yardımcı olmazdı. Sistemin yapısını derinlemesine araştırmanız gerekirdi.

Bu nedenle davranış-temelli ekonometrik modeller ekonominin yakın-dönem performansını tahmin etmede oldukça iyiyken uzun-dönem performansını tahmin etmede oldukça kötüdür ve ekonomik performansın nasıl artırılacağını söylemekte berbattır.

Bu, her türlü sistemin bizi şaşırtmasının nedenlerinden biridir. Meydana getirdikleri olaylardan çok fazla büyüleniyoruz. Geçmişlerine çok az dikkat ediyoruz. Ayrıca sistemlerin geçmişlerinde, davranışların ve olayların gerçekleşmesine sebep olan yapılara dair ipuçlarını görmek konusunda yeterince donanımlı değiliz.

Doğrusal Olmayan Bir Dünyada Doğrusal Düşünen Zihinler

> Doğrusal ilişkileri düşünmek kolaydır: Ne kadar fazla olursa o kadar iyidir. Doğrusal denklemler çözülebilir, bu da onları ders kitapları için uygun kılar. Doğrusal sistemlerin önemli bir modüler özelliği vardır: Onları parçalara ayırabilir ve tekrar bir araya getirebilirsiniz, parçalar toplanabilir.
>
> Doğrusal olmayan sistemler genellikle çözülemez ve birbirine eklenemez... Doğrusal olmamak, oyunu oynama eyleminin bir şekilde kuralları değiştirme imkânına sahip olması demektir... Bu çarpık değişkenlik doğrusal olmamanın hesaplanmasını zorlaştırır ancak aynı zamanda doğrusal sistemlerde asla ortaya çıkmayan zengin davranış şekilleri yaratır.
>
> —James Gleick, *Chaos: Making a New Science*[3] kitabının yazarı

İlişkilerin doğasını anlamada genellikle çok yetenekli değiliz. Bir sistemdeki iki eleman arasındaki **doğrusal bir ilişki** düz bir çizgi ile bir grafik üzerinde çizilebilir. Bu sabit oranlara sahip bir ilişkidir. Tarlama 5 kilo gübre koyarsam hasadım 50 kilo artar. 10 kilo koyarsam hasadım 100 kilo artar. 15 kilo koyarsam 150 kilo artış elde ederim.

Doğrusal olmayan ilişki, nedenin orantılı bir sonuç yaratmadığı ilişkidir. Neden ve sonuç arasındaki ilişki düz bir çizgi ile değil sadece eğriler veya dalgalanmalar ile çizilebilir. Eğer 100 kg gübre koyarsam, hasadım 10 çuval artar; 200 kg koyarsam hasadım hiç artmaz; 300 kg koyarsam hasadım azalır. Neden? Çünkü toprağıma "iyi bir şeyden çok fazla" katmakla zarar verdim.

Dünya, doğrusal olmayan şeylerle doludur.

Bu yüzden dünya, doğrusal düşünen zihinlerimizi sık sık şaşırtır. Küçük bir itmenin küçük bir tepki ürettiğini öğrendiysek iki kat daha büyük bir itmenin iki kat daha büyük bir tepki üreteceğini düşünürüz. Ancak doğrusal olmayan bir sistemde iki kez itme, tepkinin altıda birini veya tepkinin karesini oluşturabilir veya hiç yanıt üretmeyebilir.

Doğrusal olmama durumlarının bazı örnekleri şunlardır:

- Bir otoyoldaki trafik akışı arttıkça, araba hızı geniş bir araç yoğunluğu aralığı boyunca yalnızca biraz etkilenir. Ancak bir yerden sonra yoğunluktaki küçük artışlar hızda ani bir düşüşe neden olur. Otoyoldaki araba sayısı belli bir noktaya ulaştığında trafik sıkışıklığına neden olabilir ve araç hızı sıfıra düşer.
- Toprak erozyonu, ekin verimini fazla etkilemeden uzun bir süre devam edebilir – üst topraktaki aşınma, ekinin kök derinliğine ulaşana kadar. Bu noktadan sonra biraz daha fazla erozyon, verimin keskin bir şekilde düşmesine neden olabilir.
- Biraz zevkli bir reklam, bir ürüne olan ilgiyi artırabilir. Çok sayıda gürültücü reklam, üründen nefret ettirebilir.

Doğrusal olmayışların neden sürprizler ürettiğini görebilirsiniz. Onlar, bazı tedavilerin küçük bir miktarı biraz işe yaradıysa o zaman çok daha fazlasının çok daha fazla fayda sağlayacağı –veya bunun tersine küçük bir yıkıcı eylemin sadece katlanılabilir bir zarara neden olduğu durumda, aynı türden daha fazla yıkımın sadece biraz daha fazla zarara neden olacağı– şeklindeki akla yatkın beklentiyi boşa çıkartır. Doğrusal olmayan bir dünyada bu gibi akla yatkın beklentiler klasik hatalar üretir.

Doğrusal olmama durumu yalnızca eylem ve tepki arasındaki ilişkiyle ilgili beklentilerimizi allak bullak ettiği için önemli değildir. *Geri besleme döngülerinin* göreceli güçlerini değiştirmesi nedeniyle çok daha önemlidir. Bir sistemi bir davranış biçiminden başka bir davranış biçimine döndürebilirler.

Doğrusal olmama durumu, "sistem bahçesi"ndeki sistemlerin birçoğunu nitelendiren baskınlığın -diğer döngüye- kaymasının ana nedenidir – baskın bir pekiştirici döngünün neden olduğu üstel büyüme ile daha sonra baskın bir dengeleme döngüsünün neden olduğu düşüş arasındaki ani geçiş gibi.

Doğrusal olmayan durumların çarpıcı bir örneğini ele almak için, Kuzey Amerika ormanlarında ladin tomurcuk kurdunun yıkıcı istilasını düşünün.

Anlatı Arası • Ladin Tomurcuk Kurdu, Köknar ve Böcek İlaçları

Ağaç halkası kayıtları, ladin tomurcuk kurdunun Kuzey Amerika'da en az 400 yıldır periyodik olarak ladin ve köknar ağaçlarını öldürdürmekte olduğunu gösteriyor. Bu yüzyıla kadar bu olayı kimse pek fazla önemsemedi. Kereste endüstrisi için değerli ağaç beyaz çamdı. Ladin ve köknar "yabani ot türleri" olarak kabul edilirdi. Ancak sonunda, çam ormanları yok oldu ve kereste endüstrisi ladin ve köknara döndü. Sonra birdenbire ladin tomurcuk kurdu ciddi bir zararlı olarak görülmeye başlandı.

Böylece, 1950'lerden başlayarak ladin tomurcuk kurdunu kontrol etmek için kuzey ormanlarına DDT püskürtüldü. İlaçlamaya rağmen her yıl tomurcuk kurdu yeniden canlandı. DDT yasaklanana kadar 1950'ler, 1960'lar ve 1970'ler boyunca yıllık ilaçlama devam etti. Daha sonra ilaçlar fenitrotiyon, asefat, sevin ve metoksiklor olarak değiştirildi.

Böcek öldürücüler artık tomurcuk kurdu sorununa nihai çözüm olarak düşünülmüyordu ancak yine de gerekli görülüyordu. "Böcek öldürücüler zaman kazandırır." dedi bir ormancı; "Orman yöneticisinin tek istediği budur, fabrika onları almaya hazır olana kadar ağaçları korumak."

1980 yılına gelindiğinde, püskürtme maliyetleri yönetilemez hale geldi. (Kanada'nın New Brunswick eyaleti o yıl tomurcuk kurdu "kontrolü" için 12,5 milyon dolar harcadı.) Endişeli vatandaşlar, araziye zehir yağdırılmasına itiraz ediyorlardı. Ve ilaçlamaya rağmen tomurcuk kurdu hâlâ yılda 20 milyon hektar (50 milyon dönüm) ağaç öldürüyordu.

British Columbia Üniversitesi'nden C.S. Holling ve New Brunswick Üniversitesi'nden Gordon Baskerville, tomurcuk kurdu sorununa bütünsel-sistem olarak bakabilmek için bir bilgisayar modeli oluşturdu. Çoğu yıl ilaçlama başlamadan önce tomurcuk kurdunun zar zor tespit edilebildiğini keşfettiler. Tomurcuk kurdu nüfusu kuşlar, örümcekler, asalak eşek arısı gibi avcılar ve çeşitli hastalıklar tarafından kontrol edilirdi. Bununla birlikte, her birkaç 10 yılda bir, altı ila on yıl süren bir tomurcuk kurdu salgını vardı. Sonra tomurcuk kurdu popülasyonu azalır ve ardından tekrar patlardı.

Tomurcuk kurdu tercihen önce balsam göknarına, ikincil olarak ladinlere saldırır. Balsam göknarı kuzey ormanındaki en rekabetçi ağaçtır. Kendi haline bırakılsa ladin ve huş ağacına yer bırakmaz ve orman bir göknar monokültürü olurdu. Her bir tomurcuk kurdu salgını, göknar popülasyonunu azaltarak ormanda ladin ve huş ağacı için yer açar. Sonunda, göknar geri yerleşir.

Göknar popülasyonu arttıkça salgın olasılığı doğrusal olmayan bir şekilde artar. Tomurcuk kurdunun üreme potansiyeli en sevdiği besin kaynağının bulunabilirliğinin artışına oranla daha yüksek hızda artar. Son tetikleyici, tomurcuk kurdu larvalarının hayatta kalması için mükemmel olan arka arkaya iki veya üç ılık, kuru ilkbahardır. (Olay-düzeyinde analiz yapıyorsanız tomurcuk kurdu artışı için sıcak ve kuru ilkbaharlarları suçlarsınız.)

Tomurcuk kurdu popülasyonu doğrusal olmayan bir şekilde, doğal düşmanlarının kontrol altında tutamayacağı kadar büyür. Çok çeşitli koşullarda, daha büyük tomurcuk kurdu popülasyonları, tomurcuk kurdu avcılarının daha hızlı çoğalmasına neden olur. Ancak belli bir noktadan sonra, avcılar daha hızlı çoğalamazlar. Bir zamanlar pekiştirici olan bir ilişki –daha fazla tomurcuk kurdu, daha hızlı avcı çoğalması ilişkisi– bir ilişkisizlik haline –daha fazla tomurcuk kurdu, hızlanmayan avcı çoğalması ilişkisine– dönüşür ve tomurcuk kurtları kontrolsüzce artar.

Sistemlerdeki birçok ilişki doğrusal değildir. Sistemdeki stoklar değiştikçe, bu ilişkilerin göreceli güçleri orantısız olarak değişir. Geri besleme sistemlerindeki doğrusal olmama durumu, döngülerde baskınlığın -diğer döngüye- kaymasını ve sistem davranışındaki birçok karmaşıklığı üretir.

Şimdi tek bir şey salgını durdurabilir: Böcek, göknar ağaçlarını öldürerek kendi besin kaynağını azaltabilir. Bu nihayet gerçekleştiğinde tomurcuk kurdu popülasyonu doğrusal olmayan bir şekilde çöker. Tomurcuk kurdu üremesinin pekiştirici döngüsü, tomurcuk kurtlarının açlıktan ölmesi dengeleyici döngüsüne baskınlık sağlar, ladin ve huş ağaçları önceden göknarların bulunduğu alanlara yerleşir ve döngü yeniden başlar.

Tomurcuk kurdu/ladin/göknar sistemi on yıllar boyunca salınır, ancak sınırlar içinde ekolojik olarak kararlıdır. Sonsuza kadar sürebilir. Tomurcuk kurdunun ana etkisi, göknar dışındaki ağaç türlerinin varlığını sürdürmesine izin vermektir. Ancak bu durumda ekolojik olarak kararlı olan, ekonomik olarak kararsızdır. Kanada'nın doğusunda, ekonomi neredeyse tamamen ağaç kesimi endüstrisine bağımlıdır ve bu kararlı bir göknar ve ladin arzına bağlıdır.

Endüstri böcek ilacı püskürttüğünde, tüm sistemi, doğrusal olmayan ilişkileri içinde farklı noktalarda zorla dengelenecek biçimde, kaydırır. Yalnızca zararlıyı değil aynı zamanda zararlıların doğal düşmanlarını da öldürür böylece normalde zararlıyı kontrol altında tutan geri besleme döngüsünü zayıflatır. Göknar yoğunluğunu yüksek tutar, tomurcuk kurdu nüfusunu doğrusal olmayan üreme eğrilerinde, sürekli olarak nüfus patlamasının sınırına taşır.

Orman yönetimi uygulamaları, Holling'in "ısrarlı yarı-salgın koşulları" olarak adlandırdığı durumu gitgide daha geniş alanlarda oluşturmuştur. Yöneticiler kendilerini, içinde yeni başlamakta olan bir yanardağ hareketinin olduğu bir politikanın içine hapsedilmiş olarak buldular. Öyle ki politika başarısız olursa daha önce hiç görülmemiş şiddette bir salgın olacak."[4]

Var Olmayan Sınırlar

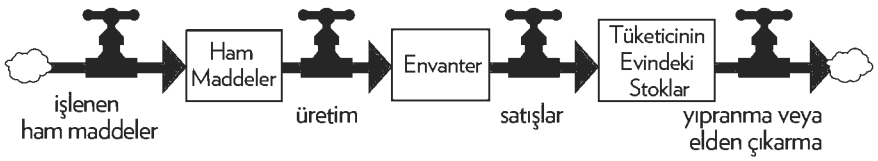
> Sistem bakış açısıyla düşündüğümüzde popüler "yan etkiler" teriminin temel bir kavram yanılgısı içerdiğini görürüz... Bu ifade kabaca, "öngörmediğim veya üzerinde düşünmek istemediğim etkiler" anlamına geliyor... Ancak yan-etkiler "yan" sıfatını, "asıl" etkiden daha fazla hak etmiyor. Sistem bakış açısıyla düşünmek zor ve kendimizi böyle yapmanın gerekliliğinden korumak için dilimizi hevesle çarpıtıyoruz.
>
> —Garrett Hardin[5], çevrebilimci

Birinci ve İkinci bölümlerde gördüğümüz yapısal diyagramlardaki bulutları hatırlıyor musunuz? Bulutlara dikkat edin! Onlar sistem sürprizlerinin başlıca kaynaklarıdır.

Bulutlar, akışların başlangıcı ve sonunu temsil eder. Onlar, mevcut tartışmayı basitleştirmek amacıyla şu anda göz ardı edilen stoklardır (kaynaklar ve havuzlar). Sistem diyagramının sınırını belirtirler. Nadiren gerçek bir sınırı belirtirler çünkü sistemler nadiren gerçek sınırlara sahiptir. Dedikleri gibi, her şey diğer her şeye bağlıdır ve bu, derli toplu bir bağlantı değildir. Deniz ile kara arasında, sosyoloji ile antropoloji arasında, bir otomobilin egzozu ile burnunuz arasında, açıkça belirlenebilen bir sınır yoktur. Yalnızca söz, düşünce, algı ve sosyal uzlaşmanın sınırları vardır (yapay, zihinsel model sınırları).

En büyük karmaşıklıklar tam olarak sınırlarda ortaya çıkar. Sınırın Almanya tarafında Çekler ve sınırın Çek tarafında Almanlar vardır. Ormanda yetişen türler büyüyerek ormanın kenarından tarlaya girer; tarlada yetişen türler kısmen ormanın içine uzanır. Düzensiz, karışmış sınırlar, çeşitlilik ve yaratıcılığın kaynaklarıdır.

Örneğin, "sistem bahçesi"nde otomobillerin bir araba satıcısının envanterine akışını bir buluttan geliyormuş gibi gösterdim. Elbette otomobiller buluttan gelmiyor; hammadde stokunun, sermaye, emek, enerji, teknoloji ve yönetimin (üretim araçları) yardımıyla dönüştürülmesinden geliyorlar. Benzer şekilde, envanterden çıkan araç akışı bir buluta değil, satış yoluyla tüketicilerin evlerine veya işletmelerine gider.



Şekil 47. Bulutların ardındaki bazı stokları ortaya çıkarmak.

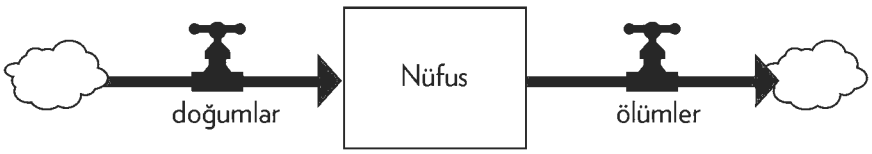
Hammaddeleri veya tüketicilerin ev stoklarını izlemenin önemli olup olmadığı (bunları bir diyagramda bulutlarla değiştirmenin yerinde olup olmadığı), ilgilenilen zaman boyunca bu stokların, sistemin davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığına bağlıdır. Hammaddelerin bolluğu garantiyse ve tüketiciler ürünleri talep etmeye devam ederse bulutlar yeterli olacaktır. Ancak bir malzeme eksikliği veya bir ürün bolluğu olursa ve biz sistemin etrafına bu stokları içermeyen zihinsel bir sınır çizmişsek, gelecekte ortaya çıkacak olaylara şaşırabiliriz.

Şekil 47'de hâlâ bulutlar var. Sınır daha da genişletilebilir. İşlenmiş hammaddeler; kimyasal tesislerden, dökümhanelerden veya rafinerilerden gelir, onların girdileri de sonunda topraktan gelir. İşleme, sadece ürünleri değil aynı zamanda istihdamı, ücretleri, kârları ve kirliliği de yaratır. Tüketicilerin attığı stoklar, atık depolama alanlarına, yakma fırınlarına veya geri dönüşüm merkezlerine gider ve buralarda da toplum ve çevre üzerinde başkaca etkiler yaratmaya devam ederler. Gömülerek depolanan atıklar içme suyu kuyularına sızar, yakma tesisleri duman ve kül üretir, geri dönüşüm merkezleri malzemeleri üretim akışına geri taşır.

Madenden başlayıp çöplüğe kadar tam akışı (ya da endüstrinin dediği gibi "beşikten mezara") göz önünde bulundurmanın önemli olup olmadığı, bunu kimin, hangi amaçla ve ne kadar süre boyunca bilmek istediğine bağlıdır. Uzun erimde tam akış önemlidir ve fiziksel ekonomi büyüdükçe ve toplumun "ekolojik ayak izi" yayıldıkça uzun erim giderek kısa erim haline geliyor. Atık toplama alanları, zihinsel modellerinde çöpü bir tür bulutun içine "uzaklaşıyor" olarak gösteren insanlar için şaşırtıcı bir hızla doluyor. Ham madde kaynakları –madenler, kuyular ve petrol yatakları– da şaşırtıcı bir hızla tüketiliyor.

Yeterince uzun bir zaman ufkuna bakıldığında madenler ve çöplükler bile hikâyenin sonu değil. Dünyanın muazzam jeolojik döngüleri, maddeleri hareket ettirmeye, denizleri açıp kapatmaya, dağları yükseltmeye ve aşındırmaya devam ediyor. Çok uzun bir zaman sonra, bugün bir çöplüğe atılan her şey bir dağın tepesinde ya da denizin derinliklerinde olacak. Yeni metal ve yakıt yatakları oluşacak. Dünya gezegeninde sistem "bulutları" yoktur, nihai sınırlar yoktur. Gökyüzündeki gerçek bulutlar bile hidrolojik döngünün parçasıdır. Fiziksel olan her şey bir yerden gelir, her şey bir yere gider, her şey hareket etmeye devam eder.

Bu, zihinsel model veya bilgisayar modeli olsun, her modelin, her bağlantıyı, sonunda tüm gezegeni kapsayana kadar takip etmesi gerektiği anlamına gelmez. Bulutlar, modellerin metafizik akışları tanımlayan gerekli parçalarıdır. Öfke, kelimenin tam anlamıyla "bir buluttan çıkagelir", tıpkı aşk, nefret, öz güven vb. gibi. Herhangi bir şeyi anlamak istiyorsak basitleştirmemiz gerekir, bu da sınırlar koymamız gerektiği anlamına gelir. Bunu yapmak genellikle güvenlidir. Örneğin, Şekil 48'deki gibi, nüfusu bulutlardan gelen ve bulutlara giden doğum ve ölümlerle düşünmek genellikle problem değildir.



Şekil 48. Daha fazla bulut.

Şekil 48, gerçek "beşikten mezara" sınırlarını göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu nüfus, önemli ölçüde iç veya dış göç yaşasa veya tartışılan sorun kısıtı mezarlık alanı olsaydı, bu sınırlar bile işe yaramaz olurdu.

Sınırlar dersi, sistem düşünürleri için bile kavraması zor bir derstir. Bir sistem etrafında çizilecek geçerli tek bir sınır yoktur. Açıklık ve akla uygunluk için sınırlar icat etmeliyiz ve sınırlar, onları yapay olarak yarattığımızı unuttuğumuzda sorun yaratabilir.

Ayrı sistemler yoktur. Dünya bir sürekliliktir. Bir sistemin etrafında sınırın nereden çizileceği, tartışmanın amacına, sormak istediğimiz sorulara bağlıdır.

Sınırları çok dar çizdiğinizde, sistem sizi şaşırtır. Örneğin, şehir içi trafik problemlerini yerleşim örüntülerini düşünmeden çözmeye çalışırsanız etrafında boylu boyunca yerleşimlerin oluştuğu otoyollar yaparsınız. Bu haneler de sonuçta yollara daha fazla araba ekler ve yollar eskisi kadar tıkanır.

Bir kanalizasyon problemini, atıkları bir nehre atarak çözmeye çalışırsanız aşağı havzadaki kasabalar, kanalizasyon hakkında düşünmenin sınırının tüm nehri kapsayacak şekilde çizilmesi gerektiğini açıkça ortaya koyar. Ayrıca nehri çevreleyen toprak ve yer altı sularını da içermesi gerekebilir. Muhtemelen bir sonraki su havzasını veya gezegenin hidrolojik döngüsünü içermesi gerekmez.

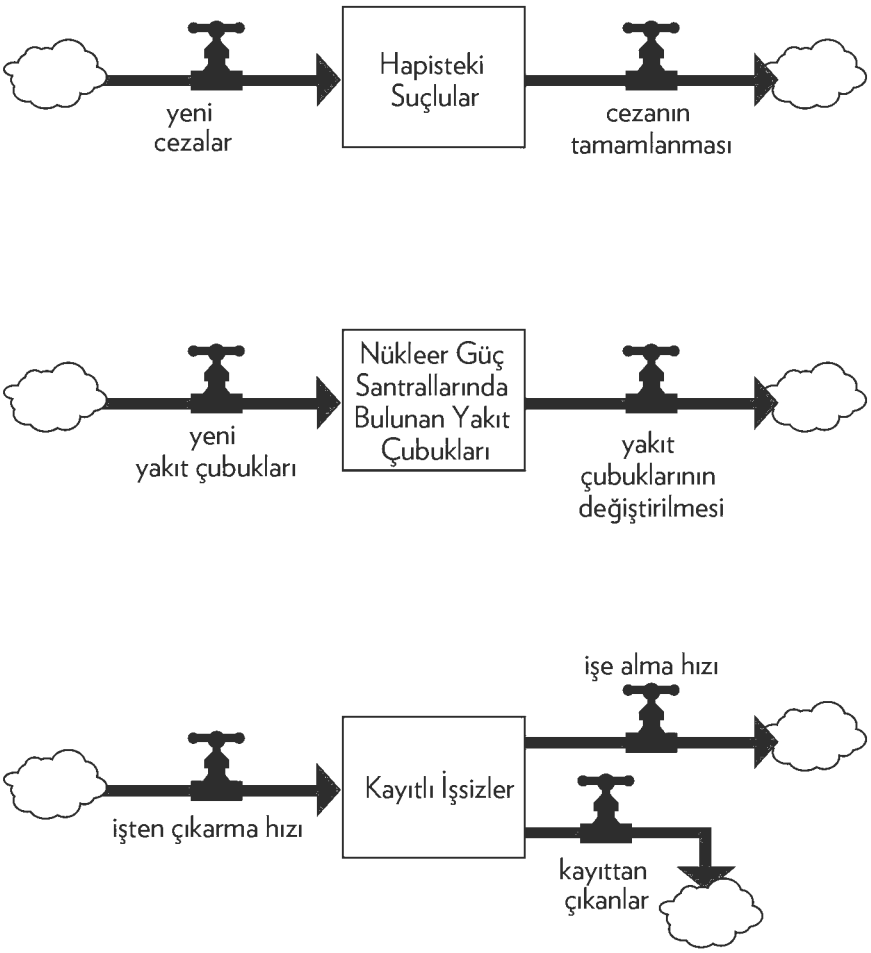
Bir milli parkın planlaması eskiden parkın fiziksel sınırında biterdi. Ancak dünyanın dört bir yanındaki park sınırları; göçebe halklar, göçebe yaban hayvanları, parkın içine, dışına ve altından akan sular, parkın sınırlarında ekonomik gelişmenin etkileri, asit yağmuru ve şimdi de atmosferdeki sera gazları yüzünden değişen iklim tarafından ihlal ediliyor. İklim değişikliği olmasa bile bir parkı yönetmek için resmi çerçevesinden çok daha geniş bir sınırı düşünmeniz gerekir.

Sistem analistleri genellikle tam tersi tuzağa düşerler: Sınırları çok geniş tutmak. Küçük basıldığında birkaç sayfayı kaplayan ve her şeyi her şeye bağlayan çok sayıda ok içeren diyagramlar üretme alışkanlıkları vardır. "Sistem *burada*!" derler. Daha azını düşündüyseniz akademik olarak uygun değilsinizdir.

Sözü edilen bu, "benim modelim senin modelinden daha büyük" oyunu, yalnızca eldeki soruların yanıtlarını örtmeye yarayacak bilgi yığınları üreten son derece karmaşık analizlerle sonuçlanır. Örneğin, dünyanın iklimini tüm ayrıntılarıyla modellemek birçok nedenden dolayı ilgi çekicidir ancak iklim değişikliğini azaltmak amacıyla bir ülkenin CO_2 emisyonunun nasıl azaltılacağını bulmak için gerekli olmayabilir.

Bir problem hakkında düşünmenin doğru sınırı, nadiren bir akademik disiplinin sınırıyla veya siyasi bir sınırla örtüşür. Nehirler ülkeler arasında kullanışlı sınırlar oluşturur ancak suyun miktarını ve kalitesini yönetmek için olabilecek en kötü sınırlardır. Hava, siyasi sınırları geçmekteki ısrarı bakımından sudan daha kötüdür. Stratosferdeki ozon tabakasının incelmesi, atmosferdeki sera gazları veya okyanus kirlenmesi söz konusu olduğunda ulusal sınırların hiçbir anlamı yoktur.

İdeal olarak, her yeni problem hakkında düşünmek için gerekli olan uygun sınırı bulacak zihinsel esnekliğe sahip olabiliriz. Ama nadiren bu kadar esnek davranabiliriz. Zihnimizin alışık olduğu sınırlara bağlı kalırız. Ulusal sınırlar, ticaret sınırları, etnik sınırlar, kamusal ve özel sorumluluk arasındaki sınırlar ve zenginler ile fakirler arasındaki sınırlar, kirlenenler ve kirletenler, şu anda yaşayan insanlar ve gelecekte var olacak insanlar gibi sınırlarla ilgili ne kadar çok tartışmanın yapılması gerektiğini bir düşünün. Üniversiteler, ekonomi ile hükümet arasındaki sınırlar, sanat ve sanat tarihi, edebiyat ve edebiyat eleştirisi arasındaki anlaşmazlıkları yıllarca sürdürebilir. Üniversiteler çoğu zaman, sınır değişmezliğinin yaşayan anıtlarıdır.



Şekil 49. Daha fazla bulut örnekleri. Bu sistemler, bir sınırın veya bulutun, sizi sistemin sınırlarının ötesinde düşünmekten alıkoymaması, aksine sınırların ötesinde düşünmeye başlamanızı gerektiren sistemlerdir. Ceza alan yeni insanlar nereden gelmektedir? Yakıt çubukları değiştirildikten sonra nereye gidiyor? İşsizlik kaydı sona eren işsiz bir kişiye ne olur?

Sınırların kendi belirlediğimiz şeyler olduğunu ve her yeni tartışma, sorun veya amaç için yeniden gözden geçirilebileceğini ve gözden geçirilmesi gerektiğini hatırlamak müthiş bir sanattır. Üstünde çalışılan son problem için işe yarayan sınırları ortadan kaldırmak ve bir sonraki soru için en uygun sınırlar kümesini bulmak için yeterince yaratıcı olmak zorludur. Ancak sorunların iyi çözülebilmesi için de bir gerekliliktir.

Kısıtların Katmanları

Sistemler bizi şaşırtıyor çünkü zihinlerimiz tek bir nedenin derli toplu bir şekilde ürettiği tek bir sonucu düşünmeyi sever. Bir seferde bir tek şeyi veya en çok birkaç şeyi düşünmeyi seviyoruz. Ve özellikle kendi planlarımız ve arzularımız söz konusu olduğunda kısıtları düşünmekten hoşlanmıyoruz.

Ancak birçok nedenin düzenli olarak bir araya gelerek birçok sonuç ürettiği bir dünyada yaşıyoruz. Birden çok girdi, birden çok çıktı üretir ve neredeyse tüm girdiler ve dolayısıyla çıktılar kısıtlıdır. Örneğin, bir endüstriyel üretim süreci şunlara ihtiyaç duyar:

- sermaye
- emek
- enerji
- ham maddeler
- arazi
- su
- teknoloji
- kredi
- sigorta
- müşteriler
- iyi yönetim
- kamu tarafından finanse edilen altyapı ve devlet hizmetleri (polis, yangından korunma, yöneticiler ve işçiler için eğitim)
- hem üreticileri hem de tüketicileri yetiştirip destekleyecek işlevsel birlikler
- tüm bu girdileri sağlamak veya desteklemek ve atıklarını soğurmak veya uzaklaştırmak için sağlıklı bir ekosistem

Büyüyen bir tahıl ürünü şunlara ihtiyaç duyar:

- güneş ışığı
- hava
- su
- azot
- fosfor
- potasyum
- düzinelerce küçük besin
- gevrek bir toprak ve mikrobiyal bir toprak topluluğunun çalışmaları

- yabani otları ve zararlıları kontrol etmek için bazı sistemler
- endüstriyel üreticinin atıklarından koruma

Justus von Liebig meşhur "minimumun yasası"nı, tahıllarla ilgili olarak ortaya attı. Eğer fosfor eksikse tahılda ne kadar azot bulunduğunun önemi yoktur, dedi. Problem düşük potasyum ise daha fazla fosfor dökmenin bir faydası yoktur.

Ekmek, içinde ne kadar un olursa olsun maya olmadan kabarmaz. Çocuklar ne kadar çok karbonhidratla beslenirlerse beslensinler, protein olmadan gelişemezler. Şirketler, kaç müşterisi olursa olsun enerji olmadan devam edemezler, aynı şekilde ne kadar enerjileri olursa olsun müşterisiz hayatta kalamazlar.

Kısıtlayıcı etken kavramı basittir ama büyük ölçüde yanlış anlaşılır. Örneğin ziraatçiler iyi bir topraktaki asıl ve ikincil besinlerin çoğunu tanımladıkları için suni gübrenin içine ne koyacaklarını bildiklerini varsayarlar. Ziraatçilerin henüz tanımlamadıkları temel besinler var mıdır? Yapay gübreler topraktaki mikrop topluluklarını nasıl etkiler? İyi toprağın diğer işlevlerine müdahale edip onları kısıtlar mı? Ve suni gübre üretimini sınırlayan şey nedir?

Herhangi bir zamanda, bir sistem için en önemli girdi, en kısıtlayıcı olandır.

Zengin ülkeler, fakir ülkelere sermaye veya teknoloji aktarır ve fakir ülkelerin ekonomilerinin neden hâlâ gelişmediğini merak ederler; sermaye veya teknolojinin en kısıtlayıcı etkenler olmayabileceğini hiç düşünmezler.

Ekonomi, emek ve sermayenin üretim için en yaygın kısıtlayıcı etkenler olduğu bir dönemde gelişmiştir. Bu nedenle, çoğu ekonomik üretim fonksiyonu yalnızca bu iki etkeni (ve bazen teknolojiyi de) takip eder. Bununla birlikte ekonomi ekosisteme göre göreceli olarak büyürken ve kısıtlayıcı etkenler; temiz su, temiz hava, boşaltma alanı, kabul edilebilir enerji ve ham madde biçimlerine doğru kayarken, yalnızca sermaye ve emeğe odaklanan geleneksel yaklaşım giderek daha yararsız hale geliyor.

MIT'de sistem öğrencilerine öğretilen klasik modellerden biri, Jay Forrester'ın kurumsal büyüme modelidir. Her şey hızla büyüyen başarılı genç bir şirketle başlar. Bu şirketin sorunu, yer değiştiren sınırlarını –şirketin kendi büyümesi sonucu değişen sınırlarını– fark etme ve bunlarla başa çıkma konusundadır.

Örneğin şirket, fabrikanın üretebileceğinden daha hızlı sipariş oluşturacak kadar iyi satış elemanlarını işe alabilir. Üretim kapasitesi en kısıtlayıcı etken olduğu için teslimat gecikmeleri artar ve müşteriler kaybedilir. Böylece yöneticiler üretim tesislerinin sermaye stokunu genişletir. Yeni insanlar aceleyle işe alınır ve çok az eğitilir. Kalite zarar görür ve müşteriler kaybedilir çünkü iş gücü becerisi en kısıtlayıcı etkendir. Dolayısıyla yönetim, çalışan eğitimine yatırım yapar. Kalite

artar, yeni sipariş yağar ve sipariş karşılama ve kayıt tutma sistemi tıkanır. Bu böyle devam eder.

Büyüyen her şeyin; bitkinin, çocuğun, salgının, yeni ürünün, teknolojik ilerlemenin, şirketin, şehrin, ekonominin ve nüfusun etrafında kısıt katmanları vardır. Anlayış, yalnızca hangi etkenin kısıtlayıcı olduğunu tanımaktan değil, *büyümenin kendisinin kısıtları yok ettiğini veya büyüttüğünü* ve dolayısıyla kısıtlayıcı olanı değiştirdiğini görmekten gelir. Büyüyen bir bitki ile toprak, büyüyen bir şirket ile pazarı, büyüyen bir ekonomi ile onun kaynak tabanı arasındaki etkileşim dinamiktir. Bir etken kısıtlayıcı olmaktan çıktığında büyüme meydana gelir ve büyümenin kendisi, bir başka etken kısıtlayıcı hale gelene kadar, etkenlerin göreceli yeterliliğini değiştirir. Dikkati, bol bulunan etkenlerden bir sonraki potansiyel kısıtlayıcı etkene kaydırmak, büyüme süreci hakkında gerçek bir anlayış ve kontrol sağlamaktır.

Birden fazla girdi ve çıktıya sahip herhangi bir fiziksel varlık –nüfus, üretim süreci, ekonomi– kısıt katmanlarıyla çevrilidir. Sistem geliştikçe kendi kısıtları ile etkileşime girer ve onları etkiler. Büyümekte olan varlık ve onun kısıtlanmış çevresi, birlikte gelişen dinamik bir sistem oluşturur.

Bununla birlikte, kısıt katmanlarını anlamak ve gelecek bir sonraki kısıtlayıcı etkene dikkat etmek, sürekli büyümenin reçetesi değildir. Sonlu bir ortamdaki herhangi bir fiziksel varlık için sürekli büyüme imkânsızdır. Nihayetinde seçim, sonsuza dek büyümek değil ancak hangi kısıtların içinde yaşanacağına karar vermektir. Bir şirket mükemmel bir ürünü veya hizmeti uygun bir fiyata üretirse herhangi bir kısıtın ürünün mükemmelliğini azaltacağı veya fiyatını artıracağı noktaya kadar büyüyecek şekilde siparişe boğulur. Bir şehir, tüm sakinlerinin ihtiyaçlarını diğer herhangi bir şehirden daha iyi karşılıyorsa herhangi bir kısıt, bu şehrin ihtiyaçları karşılama kabiliyetini azaltana kadar insanlar oraya akın edecektir.[6]

Birden çok girdi ve çıktıya sahip her fiziksel varlık, kısıt katmanlarıyla çevrilidir.

Büyümenin her zaman kısıtları olacaktır. Kısıtlar büyümenin kendisinden kaynaklı olabilir. Öyle değilse sistem kaynaklı olacaklardır. Hiçbir fiziksel varlık sonsuza kadar büyüyemez. Şirket yöneticileri, şehir yönetimleri, insan nüfusu; büyümeyi, destekleyici çevrenin kapasitesi dahilinde tutmak için kendi kısıtlarını koymaz ve uygulamazsa o zaman çevre, kısıtları kendi seçecek ve uygulayacaktır.

Büyümenin her zaman sınırları olacaktır. Kısıtlar büyümenin kendisinden kaynaklı olabilir. Öyle değilse sistem kaynaklı olacaklardır.

Gecikmeler Her Yerde

> Dehşet içinde fark ediyorum ki demokrasinin yeniden kurulması konusundaki sabırsızlığımın içinde neredeyse komünist bir şey vardı veya daha genel olarak akılcı bir şey. Bir çocuğun bir bitkiyi daha hızlı büyütmek için çekiştirmesi gibi, tarihi ileriye taşımak istedim.
>
> Yaratmayı öğrenirken, beklemeyi de öğrenmemiz gerektiğine inanıyorum. Tohumları sabırla ekmeli, ekildikleri toprağı özenle sulamalı ve bitkilere ihtiyaç duydukları zamanı vermeliyiz. Kimse, bir bitkiyi tarihi kandırabileceğinden daha fazla kandıramaz.
>
> —Václav Havel,[7] oyun yazarı, Çekoslovakya'nın son başkanı ve Çek Cumhuriyeti'nin ilk başkanı

Bir bitkinin veya ormanın veya demokrasinin büyümesi, postaya verilen mektupların adreslerine ulaşması, tüketicilerin değişen fiyatlar hakkındaki bilgileri özümsemesi ve satın alma davranışlarını değiştirmesi, bir nükleer enerji santralinin inşa edilmesi, bir makinenin yıpranması veya yeni bir teknolojinin ekonominin içine işlemesi zaman alır.

İşlerin ne kadar çok zaman aldığına tekrar tekrar şaşırıyoruz. Jay Forrester, bir yapım veya işlem gecikmesini modellerken, sistemdeki herkese gecikmenin ne kadar olacağını düşündüklerini sormamızı, bizim de en iyi tahminimizi yapmamızı ve ardından sonucu 3'le çarpmamızı söylerdi. (Bu düzeltme faktörünün bir kitap yazmanın ne kadar süreceğini tahmin etmek için de mükemmel bir şekilde çalıştığını buldum!)

Gecikmeler, sistemlerin her yerinde bulunur. Her stok bir gecikmedir. Çoğu akışta gecikmeler vardır (nakliye gecikmeleri, algılama gecikmeleri, işleme gecikmeleri, olgunlaşma gecikmeleri). Yaptığımız çeşitli modellere dahil etmeyi önemli bulduğumuz gecikmelerden sadece birkaçı:

- Bulaşıcı bir hastalığı kapma ile teşhis edilecek kadar hastalanma arasındaki süreden kaynaklı gecikme – hastalığa bağlı olarak günler, yıllar sürebilir.
- Kirlilik emisyonu ile kirleticinin ekosisteme yayılması veya sızması veya konsantrasyonunun zarar verecek seviyeye ulaşması arasındaki süreden kaynaklı gecikme.
- Hayvan ve bitki yetiştiriciliğinde gebelik ve olgunlaşma arasında geçen süreden kaynaklanan gecikme ki emtia fiyatlarında karakteristik dalgalanmalara

neden olur; domuzlar için 4 yıl, inekler için 7 yıl, kakao ağaçları için 11 yıllık döngüler halinde.[8]

- Arzu edilen aile büyüklüğüne ulaştıracak sosyal normların değişmesi için gereken süreden kaynaklı gecikme (en az bir nesil).
- Bir üretim akışındaki makine ekipmanın yenilenmesi ve sermaye stokuna geri dönmesi arasında geçen süreden kaynaklı gecikme. Yeni bir otomobil tasarlayıp pazara sunmak 3 ila 8 yıl sürer. Bu modelin yeni-otomobil pazarındaki ömrü 5 yıl kadar olabilir. Otomobiller ortalama 10 ila 15 yıl kullanılır.

Bir sistem tanımını yaparken çizilecek sınırların uygunluğunun tartışmanın amacına bağlı oluşu gibi, sistemde önemli olan gecikmeler de tartışmanın amacına bağlıdır. Haftalar süren salınımlardan endişe ediyorsanız muhtemelen dakikalar veya yıllar süren gecikmeler hakkında düşünmek zorunda değilsinizdir. Nüfusun ve ekonominin onlarca yıl boyunca gelişimiyle ilgileniyorsanız genellikle haftalar süren salınımları görmezden gelebilirsiniz. Dünya; aynı anda, çığlıktan gök gürlemesine kadar birçok farklı frekansta ses üretir. Dikkate değer gecikmenin ne olduğu –genellikle– hangi frekans kümesini anlamaya çalıştığınıza bağlıdır.

Sistem bahçesi bölümünde, geri beslemedeki gecikmelerin sistemlerin davranışında ne kadar önemli olduğunu zaten göstermiştik. Bir gecikmenin süresini değiştirmek, davranışı tamamen değiştirebilir. Gecikmeler, eğer kısaltılıp uzatılabilirlerse genellikle politika için hassas kaldıraç noktalarıdır. Bunun neden olduğunu anlayabilirsiniz. Bir sistemdeki bir karar noktası (veya sistemin o bölümünde çalışan bir kişi) gecikmiş bilgiye yanıt veriyorsa veya gecikmeli yanıt veriyorsa kararlar isabetli olmayacaktır. Karar vericinin hedeflerine ulaşması için gereken eylemler aşırı veya yetersiz olacaktır. Öte yandan, çok hızlı eyleme geçilmesi de kısa erimli dalgalanmayı ani bir telaşla arttırılabilir ve gereksiz kararsızlık yaratabilir. Gecikmeler, sistemlerin ne kadar hızlı tepki verebileceğini, hedeflerine ne kadar isabetli bir şekilde ulaştıklarını ve bilginin bir sistemin içinde ne kadar zamanında el değiştirdiğini belirler. Aşmalar, salınımlar ve çökmeler her zaman gecikmelerden kaynaklanır.

Gecikmeleri anlamak, Mikhail Gorbaçov'un Sovyetler Birliği'nin bilgi sistemini nasıl olup da neredeyse bir gecede dönüştürebildiğini ama fiziksel ekonomiyi dönüştüremediğini –Bu, on yıllar alır– anlamamıza yardımcı olur. Doğu Almanya'nın Batı Almanya'ya katılmasının neden politikacıların öngördüğünden daha uzun süre boyunca daha fazla zorluk yarattığını anlamaya yardımcı olur. Yeni enerji santrallerinin inşaatında yaşanan uzun gecikmeler nedeniyle

Geri besleme döngülerinde uzun gecikmeler olduğunda, bir tür öngörü gereklidir. Yalnızca bir sorun ortaya çıktığında harekete geçmek, sorunu çözmek için önemli bir fırsatı kaçırmak demektir.

elektrik endüstrisi, kapasite fazlası ve ardından gelen kapasite açığı döngülerinin yol açtığı kesintilerle boğuşmuştur. Okyanusların sıcaklık yükselmesine tepki vermesi on yıllarca süren gecikmeler ile gerçekleşir. Bu gecikme nedeniyle insan kaynaklı fosil yakıt emisyonlarının tetiklediği iklim değişikliklerinin sonuçları ancak bir veya iki nesil sonra ortaya çıkacaktır.

Sınırlandırılmış Akılcılık

> Her birey, yani her girişimci, hem sermayesini yerli endüstrinin desteklenmesinde kullanmak için elinden geldiğince çaba sarf eder hem de en büyük değer üretimi olan endüstriye yön verir... aslında, genel olarak, kamu yararını desteklemek niyetinde olmadığı gibi, onu ne kadar desteklediğini de bilmez... Niyeti kendi güvenliğidir ... onun niyeti sadece kendi çıkarıdır ve bu işin içinde... niyetinin bir parçası olmayan bir sonucu desteklemek için görünmez bir el tarafından yönetilir. Kendi çıkarının peşinde koşarken, toplumun yararını, onu gerçekten desteklemek niyetinde olduğundan daha etkili bir şekilde destekler.
>
> —Adam Smith,[9] 18. yüzyıl ekonomisti

Piyasanın "görünmez eli" bireyleri gerçekten bütünün iyiliğine katkıda bulunan kararlar almaya sevk etseydi çok güzel olurdu. O zaman maddi bencillik sosyal bir erdem haline gelmekle kalmaz, ekonominin matematiksel modellerini yapmak da çok daha kolay olurdu. Başkalarının iyiliği veya karmaşık geri besleme sistemlerinin işleyişi hakkında düşünmeye gerek kalmazdı. Adam Smith'in modelinin iki yüz yıldır bu kadar çok ilgi çekmiş olmasına şaşmamalı!

Ne yazık ki dünya bize, kısa erimli çıkarları için akılcı bir şekilde hareket eden ve sonuçta kimseyi memnun etmeyen toplu sonuçlar üreten insanlarla ilgili pek çok örnek sunuyor. Turistler, Waikiki veya Zermatt gibi yerlere akın eder ve sonra buraların turistler tarafından mahvedildiğinden şikayet ederler. Çiftçiler ihtiyaçtan fazla buğday, tereyağı veya peynir üretirler ve fiyatlar dibe vurur. Balıkçılar aşırı balık tutar ve kendi geçim kaynaklarını yok eder. Şirketler toplu olarak, iş döngüsünde gerilemelere neden olan yatırım kararları alırlar. Yoksul insanların bakabileceklerinden daha fazla bebekleri olur.

Neden?

Dünya Bankası ekonomisti Herman Daly'nin "görünmez ayak" dediği ya da Nobel ödüllü ekonomist Herbert Simon'ın **sınırlandırılmış akılcılık** dediği şey yüzünden.[10]

Sınırlandırılmış akılcılık, insanların sahip oldukları bilgiye dayanarak oldukça makul kararlar aldıkları anlamına gelir. Ancak, özellikle sistemin daha uzak kısımları hakkında kusursuz bilgilere sahip değillerdir. Balıkçılar kaç tane balık olduğunu bilmezler, aynı gün diğer balıkçılar tarafından kaç tane balık yakalanacağını da.

İş adamları, diğer iş adamlarının neye yatırım yapmayı planladığını, tüketicilerin neyi satın almak isteyeceğini veya ürünlerinin nasıl rekabet edeceğini tam olarak bilmiyorlar. Mevcut pazar paylarını da pazarın büyüklüğünü de bilmiyorlar. Bu konularla ilgili bilgileri eksik ve gecikmeli, kendi yanıtları da gecikmeli. Dolayısıyla sistematik olarak yetersiz ve aşırı yatırım yapıyorlar.

Simon, "her şeyi bilen, akılcı optimizasyon uzmanları değiliz" der. Daha çok, bir sonraki karara geçmeden önce ihtiyaçlarımızı iyice (*yeterince*) karşılamaya (*tatmin etmeye*) çalışan "yetinmecileriz."[11] Yakındaki çıkarlarımızı akılcı bir şekilde ileriye taşımak için elimizden gelenin en iyisini yapıyoruz ancak sadece bildiklerimizi hesaba katabiliriz. Başkalarının ne yapmayı planladıklarını onlar yapana kadar bilmiyoruz. Önümüzdeki tüm olasılıkları nadiren görürüz. Eylemlerimizin sistemin bütünü üzerindeki etkilerini genellikle öngörmeyiz – veya görmezden gelmeyi seçeriz. Bu nedenle, uzun erimli bir optimum bulmak yerine, kısıtlı etki alanımızda şimdilik işimize yarayabilecek bir seçenek keşfederiz ve buna sadık kalarak davranışımızı yalnızca mecbur kaldığımızda değiştiririz.

Davranış bilimciler, sahip olduğumuz kusurlu bilgileri bile kusursuz bir şekilde yorumlamadığımızı söylüyorlar. Bazı şeylerin gerçekte olduklarından çok daha tehlikeli ve diğerlerinin çok daha az tehlikeli olduğunu varsaydığımız için riski yanlış algılıyoruz. Abartılmış şekilde şimdiki zamanda yaşıyoruz – yakın geçmiş deneyimlere çok fazla ve geçmiş deneyimlere çok az dikkat ediyoruz; uzun erimli davranış yerine güncel olaylara odaklanıyoruz. Geleceği, ekonomik veya ekolojik anlamı olmayan oranlara indirgiyoruz. Gelen tüm sinyallere uygun değeri vermiyoruz. Sevmediğimiz haberlerin veya zihinsel modellerimize uymayan bilgilerin içeri girmesine izin vermiyoruz. Yani, sistemin bir bütün olarak iyiliğini geçelim, kendi bireysel iyiliğimizi optimize eden kararlar bile almıyoruz.

Sınırlandırılmış akılcılık teorisi, ekonomist Adam Smith'in öğretilerine dayanan iki yüz yıllık ekonomi bilimine meydan okuduğunda, sonuçta ortaya çıkan hararetli tartışmayı hayal edebilirsiniz – ve bu tartışma bitecekmiş gibi de değil. Adam Smith'in türettiği şekliyle ekonomik teori, ilk olarak *ekonomik insanın* (homo economicus) eksiksiz bilgi kullanarak en mükemmel bir uygunlukta hareket ettiğini varsayar ve ikincisi, *ekonomik insan* türünün çoğu bunu yaptığında, eylemlerinin herkes için mümkün olan en iyi sonucu oluşturduğunu varsayar.

Bu varsayımların hiçbiri kanıtlar karşısında uzun süre dayanamaz. Sistem tuzakları ve fırsatlarıyla ilgili bir sonraki bölümde, sınırlandırılmış akılcılığın felakete yol açmasına neden olabilecek, en sık karşılaşılan yapılardan bazılarını açıklayacağım. Bu yapılar bağımlılık, politika direnci, silahlanma yarışları, düşük performansa sürüklenme ve ortak kaynakların (malların) trajedisi gibi tanıdık olguları içerirler. Şimdilik, sadece bir noktaya, sınırlandırılmış akılcılığı anlamamaktan kaynaklanan en büyük sürprize değinmek istiyorum.

Varsayalım, bir sebepten dolayı, toplumda alışkın olduğunuz yerden çıkarıldınız ve davranışını asla anlamadığınız birinin yerine koyuluyorsunuz. Hükümetin kuvvetli bir eleştirmeni iken aniden hükümetin bir parçası oluyorsunuz. Ya da yönetime karşı olan bir çalışanken bir anda yönetimde yer alıyorsunuz (ya da tam tersi). Belki de büyük şirketlerin çevre konularındaki eleştirmeni oluyorsunuz ve kendinizi büyük şirketler için çevreyle ilgili kararlar verirken buluyorsunuz. Keşke bu tür geçişler, herkesin ufkunu genişletmek için her yönde, çok daha sık olabilseydi!

Yeni pozisyonunuzda, bu pozisyonla birlikte gelen bilgi akışlarını, özendiricileri ve caydırıcıları, hedefleri ve tutarsızlıkları, baskıları –sınırlandırılmış akılcılığı– deneyimlersiniz. İşlerin başka bir açıdan nasıl göründüğüne dair bakış açınızı yitirmemeniz ve böylece sistemi dönüştüren yenilikler bulmanız olasıdır ancak bu olasılık çok düşüktür. Yönetici olursanız muhtemelen emeği, üretimde değerli bir ortak olarak görmeyi bırakacak ve en aza indirilecek bir maliyet olarak görmeye başlayacaksınız. Bir finansör olursanız diğer tüm finansörlerle birlikte büyük olasılıkla gelişme sırasında aşırı yatırım yapacak ve çöküş sırasında yetersiz yatırım yapacaksınız. Çok fakir olursanız birçok çocuk sahibi olmakla ilgili, kısa erimli akılcılığı, umudu, fırsatı, gerekliliği göreceksiniz. Şu anda teknesinde ipotek olan bir balıkçıysanız bakmanız gereken bir aileniz ve balık popülasyonunun durumu hakkında eksik bilginiz varsa, aşırı balık avlayacaksınız.

Bu konuyu, öğrencilerin, gerçek sistemlerde çeşitli aktörler tarafından görülen gerçekçi ve kısmi bilgi akışlarını deneyimledikleri durumlara sokulduğu oyunlar oynayarak öğretiyoruz. Balıkçı rolüne girdiklerinde, aşırı balık tutarlar. Gelişmekte olan ülkelerin bakanları rolüne girdiklerinde, endüstrilerinin ihtiyaçlarını halklarının ihtiyaçları üstünde tutarlar. Üst sınıf olduklarında kendi küplerini doldururlar; alt sınıf olduklarında kayıtsız ya da asi olurlar. Siz de öyle olursunuz. Psikolog Philip Zimbardo'nun ünlü Stanford hapishane deneyinde, oyuncular, şaşırtıcı derecede kısa bir sürede, hapishane gardiyanlarının ve mahkumların tutum ve davranışlarını bile benimsemişlerdir.[12]

Mevcut bilginin sınırları içinde, bireysel kararların ne kadar akılcı olduğunu görmek, dar görüşlü davranışlar için bir bahane oluşturmaz. Bu davranışın neden ortaya çıktığına dair bir anlayış sağlar. Sistemin o bölümündeki bir kişinin görebileceğinin ve bilebileceğinin sınırları dahilinde, davranış mantıklıdır. Bir kişiyi sınırlandırılmış akılcılık konumundan çıkarmak ve yerine başka bir kişiyi koymak muhtemelen pek bir fark yaratmaz. Kişiyi suçlamak, daha çok istenen bir sonucun oluşmasına nadiren yardımcı olur.

Değişim, önce sistemdeki herhangi bir yerden görülebilen kısıtlı bilginin dışına çıkıp genel bir bakış açısı elde etmekle başlar. Daha geniş bir perspektiften; bilgi akışları, hedefler, özendiriciler ve caydırıcılar yeniden yapılandırılabilir ve böylece ayrılmış, sınırlandırılmış, akılcı eylemler üst üste gelerek herkesin arzu ettiği sonuçlara ulaşır.

Sadece biraz daha iyi, biraz daha eksiksiz, biraz daha zamanında bilgiler sağlayarak, sınırlandırılmış akılcılığın biraz daha genişlemesiyle, davranış değişikliklerinin ne kadar hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştiğini görmek şaşırtıcıdır.

Anlatı Arası • Hollanda Evlerinde Elektrik Sayaçları

Amsterdam yakınlarında, hepsi aynı anda inşa edilmiş, birbirinin aynı müstakil evlerden oluşan bir banliyö vardır. Neredeyse aynı. Bilinmeyen bir nedenle, bazı evlerin elektrik sayaçları bodrum katındaydı. Diğerlerinde ise girişe yerleştirilmişti.

Bunlar, içinde küçük bir yatay metal disk bulunan cam bir baloncuğa sahip elektrik sayaçlarıydı. Ev daha fazla elektrik kullandıkça disk daha hızlı döner ve bir kadran, biriken kilovat-saati toplar.

1970'lerin başındaki petrol ambargosu ve enerji krizi sırasında Hollandalılar enerji kullanımlarına çok dikkat etmeye başladılar. Bu bölgedeki bazı evlerin diğer evlere göre üçte bir oranında daha az elektrik kullandığı ortaya çıktı. Bunu kimse açıklayamadı. Tüm evler için aynı elektrik fiyatı uygulanıyordu ve hepsinde benzer aileler yaşıyordu.

Anlaşıldı ki aradaki fark, elektrik sayacının konumundaydı. Elektrik kullanımının yüksek olduğu aileler, elektrik sayacı bodrum katında bulunan ailelerdi ve sayacı nadiren görüyorlardı. Elektriği az kullananların sayacı ise girişteydi, sürekli önünden geçiyorlardı, küçük disk dönüyor, aylık elektrik faturasını günde birçok kez yükseltiyordu.[13]

Bazı sistemler, sınırlandırılmış akılcılığa rağmen iyi çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Doğru geri besleme, doğru yere doğru zamanda ulaşır. Sıradan koşullar altında, karaciğeriniz sadece işini yapmak için ihtiyaç duyduğu bilgileri alır. Bozulmamış ekosistemlerde ve geleneksel kültürlerde, kendi haline bırakılan ortalama birey, tür veya nüfus, bütüne hizmet eden ve onu dengeleyen şekillerde davranır. Bu sistemler ve diğerleri kendi kendini düzenler. Sorun yaratmazlar. Bu sistemler ile ilgili devlet kurumlarımız ve düzinelerce başarısız politikamız yoktur.

Adam Smith'ten bu yana, serbest, rekabetçi piyasanın, bu düzgün yapılandırılmış kendi kendini düzenleyen sistemlerden biri olduğuna yaygın bir şekilde inanılıyor. Bazı açılardan öyle. Fakat diğer açılardan bakmaya istekli olan herkes için açıktır ki öyle değil. Serbest bir piyasa, üretim fırsatları ve tüketim tercihleri hakkında en iyi bilgiye sahip olan üreticilerin ve tüketicilerin oldukça kısıtlamasız ve yerel olarak akılcı kararlar almasını sağlar. Ancak bu kararlar, tüm sistemin tekeller ve istenmeyen yan etkiler (dışsallıklar) oluşturma, yoksullara karşı ayrımcılık yapma veya sürdürülebilir taşıma kapasitesini aşma eğilimini kendi başlarına düzeltemez.

Bilindik bir duayı başka sözlerle açıklamak gerekirse: Tanrı bize, uygun şekilde yapılandırılmış sistemlerde sınırlandırılmış akılcılığımızı özgürce kullanma dinginliği, böyle olmayan sistemleri yeniden yapılandırma cesareti ve bu ikisi arasındaki farkı görebilme bilgeliği versin!

Bir sistemdeki her bir aktörün sınırlandırılmış akılcılığı –o aktöre etki eden bilgiler, özendiriciler, caydırıcılar, hedefler, stresler ve kısıtlarla belirlenir– sistemin bir bütün olarak refahını artıran kararlara yol açabilir veya açmayabilir. Eğer bu olmuyorsa aynı sisteme yeni aktörlerin yerleştirilmesi sistemin performansını iyileştirmeyecektir. Farkı yaratacak olan, belirli aktörler üzerinde etkisi olan özendiricileri, caydırıcıları, hedefleri, stresleri ve kısıtları iyileştirmek için sistemi yeniden tasarlamaktır.

Bir sistemdeki her bir aktörün sınırlandırılmış akılcılığı, sistemin bir bütün olarak refahını artıran kararlara yol açmayabilir.

BEŞ
Sistem Tuzakları... ve Fırsatları

> Akılcı elitler... kendi bağımsız teknik veya bilimsel dünyaları hakkında bilinmesi gereken her şeyi bilirler ancak daha geniş bir bakış açısından yoksundurlar. Marksist kadrolardan Cizvitlere, Harvard MBA'den ordu personeline kadar değişik alanlarda... Temelde ortak endişeleri kendi sistemlerini nasıl işlevsel kılacaklarıdır.
>
> Ancak bu sırada...medeniyet gittikçe daha amaçsız ve anlaşılmaz hale gelir.
>
> —John Ralston Saul,[1] siyaset bilimci

Gecikmeler, doğrusal olmama, kesin sınırların olmaması ve sistemlerin bizi şaşırtan diğer özellikleri hemen hemen her sistemde bulunur. Çoğunlukla bunlar değiştirilebilen veya değiştirilmesi gereken özellikler değildir. Dünya doğrusal değildir. Onu matematiksel veya yönetsel kolaylık için doğrusal hale getirmeye çalışmak, mümkün olsa bile genellikle iyi bir fikir değildir ve aslında nadiren mümkün olabilir. Sınırlar probleme bağlıdır, gelip geçici ve düzensizdir ayrıca organizasyon ve açıklık için de gereklidir. Karmaşık sistemlere daha az şaşırır hale gelmek, aslında dünyanın karmaşık olacağına hazırlıklı olmayı, bu karmaşıklığı anlamayı ve kullanmayı öğrenme meselesidir.

Ancak bazı sistemler şaşırtıcı olmaktan daha fazlasıdır. Onlar kötü huyludur. Bu sistemler, gerçekten sorunlu davranışlar üretecek şekilde yapılanmıştır; başımıza dert olurlar. Sistem sorunlarının birçok şekli vardır, bunların bazıları özgün ancak pek çoğu oldukça yaygın olan sorunlardır. Biz, sistem yapılarının bu tip yaygın problemli davranış örüntüleri üretmesine **kalıp yapı (arketip)** diyoruz. Bu kalıp yapıların ortaya çıkardığı davranışlardan bazıları; bağımlılık, düşük performansa sürüklenme ve tırmandırmadır. Bu kalıp yapılar o kadar yaygındır ki *International Herald Tribune* gazetesinin sadece bir haftalık yayınları içinde bu bölümde açıklanan kalıp yapıların her birini göstermeye yetecek kadar örnek bulmak sorun olmadı.

Kalıp yapıların neden olduğu problemleri üreten yapıları anlamak yeterli değildir. Onlara katlanmak imkânsızdır. Değiştirilmeleri gerekir. Her ne kadar sistemin yapısının bir sonucu olsa da bu yapıların sebep oldukları yıkım için belirli aktörler veya olaylar sıklıkla suçlanır. Suçlama, disipline etme, işten çıkarma, politika kaldıraçlarına daha fazla yüklenme, itici olaylar dizisinin daha olumlu gerçekleşmesini ummak, kıyısını köşesini düzeltmeye çalışmak, tüm bu standart tepkiler yapısal sorunları düzeltmeyecektir. Bu yüzden bu kalıp yapılara "tuzak" diyorum.

Ancak onları önceden tanıyarak ve onlara yakalanmayarak veya hedefleri yeniden düzenleyerek, zayıflatarak, güçlendirerek, geri besleme döngülerini değiştirerek, yeni geri besleme döngüleri ekleyerek yapıyı değiştirirsek, sistem tuzaklarından kurtulabiliriz. Bu yüzden bu kalıp yapılara sadece tuzaklar değil, fırsatlar da diyorum.

Politika Direnci - Başarısız Olan Düzeltmeler

> Dun & Bradstreet Corp'un üst düzey ekonomisti Joseph W. Duncan, "Yatırım teşvik kredilerinin ekonomiyi canlandırmakta etkili olduğunu ve başarılı bir geçmişi olduğunu düşünüyorum." dedi...
>
> Ancak bundan kuşku duyanlar da çok. Onlar, geçtiğimiz 30 yılda defalarca verilen, değiştirilen, feshedilen bu yatırım kredilerinin ekonomik büyümeye katkısını hiç kimsenin kanıtlayamayacağını söylüyorlar.
>
> —John H. Cushman, Jr., *International Herald Tribune, 1992*[2]

İkinci Bölüm'de gördüğümüz gibi, dengeleyici geri besleme döngüsü yapısının birincil belirtisi, sistemi zorlayan dış kuvvetlere rağmen sistemde çok fazla değişiklik olmamasıdır. Dengeleyici döngüler sistemleri stabilize eder; davranış örüntüleri ısrarla varlığını sürdürür. Bu, vücut sıcaklığınızı 37 °C'de (98,6 °F) tutmaya çalışıyorsanız harika bir yapıdır ancak uzun zaman boyunca ısrarla devam eden bazı davranış kalıpları istenmez. Teknolojik veya politik "düzeltme" çabalarına rağmen, sistem her yıl aynı davranışı üreterek inatçı bir şekilde sıkışmış gibi görünür. Bu, "başarısız olan düzeltmeler"in veya "politika direnci"nin sistemik tuzağıdır. Siz bunu, yıllarca üretim fazlalıklarını azaltmaya çalışan ama hâlâ aşırı üretim yapılan çiftlik programlarında görürsünüz. Önce uyuşturucu savaşları var, ardından uyuşturucular eskisinden daha yaygın. Piyasa yatırımı kârlı bulmadığı sürece, yatırımı teşvik etmek için tasarlanmış yatırım teşvik kredilerinin ve diğer pek çok politikanın gerçekten işe yaradığına dair çok az kanıt vardır. ABD'de henüz hiçbir politika sağlık hizmetlerinin maliyetini düşüremedi. Onlarca yıllık "iş yaratma" girişimleri, işsizliği kalıcı olarak düşürmeyi başaramadı. Yüksek olasılık-

la siz de bunlar gibi, güçlü çabaların tutarlı bir şekilde sonuç üretmediği bir düzine başka alan söyleyebilirsiniz.

Politika direnci, her biri kendi farklı hedeflerine sahip olan sistem aktörlerinin –birey veya kurum olabilir– sınırlandırılmış akılcılığından gelir. Her aktör sistemin durumunu bazı önemli değişkenler –gelir veya fiyatlar veya konut veya uyuşturucu veya yatırım– açısından izler ve bu durumu kendi hedefiyle karşılaştırır. Hedefle gerçek durum arasında bir farklılık varsa her aktör durumu düzeltmek için bir şeyler yapar. Genellikle hedef ve gerçek durum arasındaki farklılık ne kadar büyük olursa eylem de o kadar güçlü olur.

Değişime karşı bu tür direnç, alt sistemlerin hedefleri birbirinden farklı ve tutarsız olduğunda ortaya çıkar. Tek bir sistem stokunu –örneğin şehir sokaklarında uyuşturucu temini– ve bu stokun çeşitli aktörler tarafından farklı yönlere çekilmeye çalışıldığını hayal edin. Bağımlılar stoku yüksek tutmak isterken, güvenlik güçleri düşük, uyuşturucu satıcıları fiyatlar ne çok yüksek ne çok düşük olacak şekilde ortada tutmak isterler. Ortalama bir vatandaş ise, bağımlıların uyuşturucu satın alabilmek için yaptığı soygunlardan uzak ve güvende olmak ister. Tüm aktörler kendi farklı hedeflerine ulaşmak için çok çalışırlar.

Eğer herhangi bir aktör avantaj elde eder ve sistem stokunu (uyuşturucu tedariği) bir yöne hareket ettirirse (güvenlik güçleri sınırdan uyuşturucu girişini kesmeyi başarırsa), bu durumda diğerleri stoku geri çekmek için çabasını ikiye katlar – sokakta fiyatlar artar, bağımlılar günlük dozlarını alabilmek için daha fazla suça karışır, yüksek fiyatlar daha fazla kâr getirir, uyuşturucu satıcıları bu kâr ile gümrük görevlilerini savuşturmak amacıyla uçaklar ve tekneler satın alır. Karşı hareketler hep birlikte bir açmaza sebep olur, stok öncekinden çok farklı değildir, ve kimsenin istediği bir durum değildir.

Aktörlerin farklı yönlere çekiştirdiği, politika dirençli bir sistemde, herkes sistemi kimsenin olmasını istemediği bir yerde tutmak için büyük çaba harcar. Herhangi bir aktör gevşerse, diğerleri sistemi kendi hedeflerinin daha yakınına ve bırakanın hedefinden daha uzağa sürükleyecektir. Aslında bu sistem yapısı dişli çark gibi çalışabilir: Herkesin çabalarının yoğunlaşması, diğerlerinin çabalarının de yoğunlaşmasına yol açar. Yoğunlaşmayı azaltmak zordur. "Tamam, neden hepimiz bir süreliğine geri çekilmiyoruz?" diyebilmek de çok fazla karşılıklı güven gerektirir.

Politika direncinin sonuçları trajik olabilir. 1967'de, Romanya hükümeti, Romanya'nın daha fazla insana ihtiyacı olduğuna ve bunun yolunun da kırk beş yaş altındaki kadınların kürtaj olmasının yasa dışı ilan edilmesinden geçtiğine ka-

rar verdi. Kürtaj aniden yasaklandı. Kısa süre sonra doğum oranı üç katına çıktı. Sonra Romanya halkının politika direnci ortaya çıktı.

Doğum kontrol hapları ve kürtaj yasa dışı kalmasına rağmen, doğum oranı yavaş yavaş neredeyse önceki seviyesine geri döndü. Bu, öncelikle anne ölüm oranını üçe katlayan tehlikeli, yasa dışı kürtajlar yoluyla oldu. Ayrıca kürtaj yasa dışı olduğu zaman doğan, istenmeyen çocukların çoğu yetimhanelere terk edildi. Rumen aileler, hükümetlerinin istediği kadar çok çocuğu düzgün şekilde yetiştiremeyecek kadar fakirlerdi ve bunun farkındalardı. Bu yüzden hükümetin daha geniş aileye doğru yönlendirmesine, hem kendileri hem de yetimhanede büyüyen çocuklar için çok büyük bedeller ödeyerek direndiler.

Politika direnciyle başa çıkmanın bir yolu ona boyun eğdirmeye çalışmaktır. Yeterli güç kullanırsanız ve kullanmaya devam edebilirseniz, güç yaklaşımı işe yarayabilir. Güç azaldığında ortaya çıkabilecek muazzam bir hınç ve patlayıcı sonuçlar pahasına. Romanya nüfus politikasının fikir babası diktatör Nikolay Çavuşesku'nun başına gelen de buydu; politikasına direnci bastırabilmek için çok uğraştı. Hükümeti devrildiğinde, ailesiyle birlikte idam edildi. Yeni hükümetin yürürlükten kaldırdığı ilk yasa kürtaj ve doğum kontrol yasağıydı.

Politika direncine boyun eğdirmeye çalışmanın alternatifi, sezgilere o kadar aykırıdır ki genellikle düşünülemez bile. Oluruna bırakın. Etkisiz politikalardan vazgeçin. Hem zorlama hem de direnme için harcanan enerji ve kaynakların daha yapıcı amaçlar için kullanılmasına izin verin. Sisteme istediğinizi yaptıramayacaksınız ama o da kötü yönde sandığınız kadar uzağa gitmeyecek çünkü düzeltmeye çalıştığınız sistem eylemlerinin çoğu aslında sizin kendi eylemlerinize tepki olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer siz sakinleşirseniz, sistemi size karşı çekenler de sakinleşecektir. 1933'te olan buydu, Amerika Birleşik Devletleri'nde Yasaklama Dönemi sona erdiğinde alkol kaynaklı kaos da büyük ölçüde sona erdi.

Bu sakinleşme, sistemin durumunu daha iyi bir yöne doğru hareket ettirirken, sistem içindeki geri beslemelere daha yakından bakmak, arkalarında yatan sınırlandırılmış akılcılığı anlamak ve sistemin katılımcılarının hedeflerine ulaşmalarının bir yolunu bulabilmek fırsatı sağlayabilir.

Örneğin, doğum oranını artırmak isteyen bir ulus, ailelerin neden az çocuğu olduğunu sorabilir ve sebebin çocukları sevmemeleri olmadığını keşfedebilir. Belki de daha fazla çocuğa sahip olacak kaynaklara, yaşam alanına, zamana ya da güvenliğe sahip değillerdir. Macaristan, Romanya ile aynı zamanda kürtajı yasakladı. Düşük doğum oranı ile ilgili olarak endişelilerdi, iş gücündeki daha az

sayıda insanın ekonomik gerilemeye sebep olabileceğinden korkuyorlardı. Macar hükümeti, daracık konutların küçük aile sayısının bir nedeni olduğunu keşfetti. Hükümet, daha büyük aileleri daha fazla yaşam alanıyla ödüllendiren bir politika tasarladı. Bu politika ancak kısmen başarılı oldu çünkü tek sorun konut değildi. Ancak Romanya'nın politikasından çok daha başarılıydı ve Romanya'daki gibi talihsiz sonuçları engelledi.[3]

Politika direnci ile baş etmenin en etkili yolu, genellikle tüm aktörlerin kendi sınırlandırılmış akılcılıklarından kurtulmalarını sağlayan kapsayıcı bir hedef göstererek, alt sistemlerin farklı hedeflerini hizalamanın bir yolunu bulmaktır. Herkes aynı sonuca ulaşmak için uyumlu bir şekilde çalışabiliyorsa (tüm geri besleme döngüleri aynı amaca hizmet ediyorsa) sonuçlar muhteşem olabilir. Hedeflerin uyumlu hale getirilmesinin en bilinen örnekleri, savaş sırasında ekonomilerin seferber edilmesi ya da savaştan veya doğal afetten sonra toparlanma sürecidir.

Diğer bir örnek ise İsveç'in nüfus politikasıdır. 1930'larda, İsveç'in doğum oranı aniden düştü; Romanya ve Macaristan hükümetleri gibi İsveç hükümeti de bu konuda endişelendi. Romanya ve Macaristan'ın aksine, İsveç hükümeti kendi hedeflerini ve toplumun hedeflerini değerlendirdi ve anlaşma temelinin ailenin büyüklüğü yerine çocuk bakımının kalitesi konusunda olmasına karar verdi. Her çocuk isteyerek dünyaya getirilmeli ve iyi yetiştirilmelidir. Hiçbir çocuğun maddi ihtiyacı olmamalıdır. Her çocuğun mükemmel eğitime ve sağlık hizmetlerine erişimi olmalıdır. Bunlar, hükümetin ve halkın etrafında uyum sağlayabilecekleri hedeflerdi.

Ortaya çıkan politika, doğum oranlarının düşük olduğu bir dönemde doğum kontrolü ve kürtajı serbest bırakması nedeniyle tuhaf görünüyordu. Bunun sebebi, her çocuğun isteyerek dünyaya getirilmesi gerektiği ilkesiydi. Politika ayrıca yaygın cinsel eğitim, boşanmayı kolaylaştırıcı yasalar, ücretsiz doğum bakımı, ihtiyaç sahibi ailelere destek, eğitim ve sağlık hizmetlerine büyük ölçüde artan yatırımları içeriyordu.[4] O zamandan beri, İsveç'te doğum oranı her iki yönde de paniğe neden olmadan birkaç kez arttı ve azaldı çünkü ülke İsveçlilerin sayısından çok daha önemli bir hedefe odaklandı.

Bir sistemde hedeflerin uyumlu hale getirilmesi her zaman mümkün değildir ancak aramaya değer bir seçenektir. Yalnızca daha sınırlı hedeflerden vazgeçilerek ve tüm sistemin uzun erimdeki refahı dikkate alınarak bulunabilir.

TUZAK: POLİTİKA DİRENCİ

Çeşitli aktörler bir sistem stokunu değişik hedeflere doğru çekmeye çalıştığında, sonuç politika direnci olabilir. Her yeni politika, özellikle etkili olduğunda, stoku yalnızca diğer aktörlerin hedeflerinden daha uzağa çeker, bir ek direnç üretir ve kimsenin istemediği ancak herkesin korumak için büyük çaba sarf ettiği bir durumla sonuçlanır.

ÇIKIŞ YOLU

Oluruna bırakın. Tüm aktörleri bir araya getirin ve daha önce direnç için harcanan enerjiyi, tüm hedeflerin gerçekleştirilmesi için karşılıklı olarak tatmin edici yollar bulmak ya da herkesin birlikte yönelebileceği daha büyük ve daha önemli hedeflerin yeniden tanımlanması için kullanın.

Ortak Kaynakların (Malların) Trajedisi

> Hristiyan Demokratlar Birliği önderliğindeki Şansölye Helmut Kohl koalisyonunun liderleri, geçen hafta muhalefetteki Sosyal Demokratlarla, aylarca süren tartışmaların ardından, sığınma talebi şartlarını sıkılaştırarak bir ekonomik göçmen selini geri çevirme konusunda anlaştılar.
>
> —*International Herald Tribune,* 1992[5]

Ortak kaynakların (malların) trajedisi tuzağı, tükenebilir kaynakların ortak kullanımında bir tırmanma veya sadece basit büyüme olduğunda ortaya çıkar.

Ekolojist Garrett Hardin, 1968 tarihli klasik makalesinde ortak kaynakların sistemini tanımladı. Hardin açılış örneği olarak ortak bir otlak alanı kullandı:

> Herkese açık bir otlak hayal edin. Her bir çobanın ortak alanda mümkün olduğunca çok sığır tutmaya çalışması beklenir... Açıkça ya da dolaylı olarak, az çok bilinçli olarak sorduğu soru şudur, "Sürüme bir hayvan daha eklememin bana ne faydası olur?"...
>
> Çoban, ilave hayvanın satışından elde edilen tüm kazancı aldığından, pozitif fayda neredeyse +1'dir... Ancak aşırı otlatmanın etkileri herkes tarafından paylaşıldığı için... herhangi bir karar verici çobanın zararı -1'in sadece bir kısmıdır.
>
> Akılcı davranan çoban, izlemesi gereken tek mantıklı yolun sürüsüne başka bir hayvan eklemek olduğu sonucuna varır. Ve bir daha ve

Çeşitli aktörler bir sistem stokunu değişik hedeflere doğru çekmeye çalıştığında, sonuç politika direnci olabilir. Her yeni politika, özellikle etkili olduğunda, stoku yalnızca diğer aktörlerin hedeflerinden daha uzağa çeker, bir ek direnç üretir ve kimsenin istemediği ancak herkesin korumak için büyük çaba sarf ettiği bir durumla sonuçlanır.

Oluruna bırakın. Tüm aktörleri bir araya getirin ve daha önce direnç için harcanan enerjiyi, tüm hedeflerin gerçekleştirilmesi için karşılıklı olarak tatmin edici yollar bulmak ya da herkesin birlikte yönelebileceği daha büyük ve daha önemli hedeflerin yeniden tanımlanması için kullanın.

TUZAK: POLİTİKA DİRENCİ

ÇIKIŞ YOLU

Ortak Kaynakların (Malların) Trajedisi

Hristiyan Demokratlar Birliği önderliğindeki Şansölye Helmut Kohl koalisyonunun liderleri, geçen hafta muhalefetteki Sosyal Demokratlarla, aylarca süren tartışmaların ardından, sığınma talebi şartlarını sıkılaştırarak bir ekonomik göçmen selini geri çevirme konusunda anlaştılar.

— International Herald Tribune, 19925

Ortak kaynakların (malların) trajedisi tuzağı, tükenebilir kaynakların ortak

kullanımında bir tırmanma veya sadece basit büyüme olduğunda ortaya çıkar.

Ekolojist Garrett Hardin, 1968 tarihli klasik makalesinde ortak kaynakların

sistemini tanımladı. Hardin açılış örneği olarak ortak bir otlak alanı kullandı:

Herkese açık bir otlak hayal edin. Her bir çobanın ortak alanda mümkün olduğunca çok sığır tutmaya çalışması beklenir... Açıkça ya da dolaylı olarak, az çok bilinçli olarak sorduğu soru şudur, “Sürüme

bir hayvan daha eklememin bana ne faydası olur?”..

Çoban, ilave hayvanın satışından elde edilen tüm kazancı aldığından, pozitif fayda neredeyse 4I'dir... Ancak aşırı otlatmanın etkileri herkes tarafından paylaşıldığı için... herhangi bir karar verici çobanın Zararı -1'in sadece bir kısmıdır.

Akılcı davranan çoban, izlemesi gereken tek mantıklı yolun sürüsüne başka bir hayvan eklemek olduğu sonucuna varır. Ve bir daha ve

> bir daha. Ancak bu, ortak kaynakları paylaşan her bir akılcı çoban tarafından ulaşılan sonuçtur. İşte trajedi buradadır. Her biri... onu sınırlı bir dünyada sürüsünü sınırsız olarak artırmaya zorlayan bir sisteme hapsolmuştur. Her biri kendi çıkarının peşinde koşarken... hepsinin birlikte aceleyle ulaşacakları yazgı... yıkımdır.[6]

Sınırlandırılmış akılcılık, kısaca!

Herhangi bir ortak sistemde, her şeyden önce, ortak olarak paylaşılan bir kaynak (otlak) vardır. Sistemin trajediyle karşılaşması için kaynağın sadece sınırlı olması değil, aşırı kullanıldığında aşınır olması da gerekir. Yani belirli bir eşiğin ötesinde, ne kadar az kaynak varsa, kendini o kadar az yenileyebilir veya yok olma olasılığı o kadar artar. Otlakta daha az ot olduğu için inekler yeni otların büyümesi için gereken kökleri bile yerler. Artık kökler toprağın yağmurlarda akıp gitmesini engelleyemez. Daha az toprakla büyüyen otlar yetersiz olur. Ve bu böylece sürüp gider (yokuş aşağı giden başka bir pekiştirici geri besleme döngüsü).

Bir ortak sistem aynı zamanda kaynağın kullanıcılarına (inekler ve sahipleri) ihtiyaç duyar. Bu kullanıcıların sayısının artması için iyi bir sebeplerinin olması ve artış hızının da *ortak kaynakların durumundan etkilenmemesi* gerekir. Aşırı otlatma olasılığının bir çobanı durdurmasına neden olacak herhangi bir gerekçe, teşvik veya güçlü bir geri besleme yoktur. Tersine, kazanmak için her şeye sahiptir.

Almanya'ya giden umut dolu göçmen, o ülkenin cömert sığınma yasalarından yararlanmaktan başka bir şey beklemez ve çok fazla göçmenin kaçınılmaz olarak Almanya'yı bu yasaları sertleştirmeye zorlayacağı gerçeğini dikkate almak için hiçbir nedeni yoktur. Aslında, Almanya'nın bu olasılığı tartıştığı bilgisi, Almanya'ya gitmek için daha fazla acele etmeye nedendir!

Ortak kaynakların (malların) trajedisi, kaynaktan o kaynağın büyümekte olan kullanıcılarına *geri beslemenin gelmemesi veya çok gecikmeli olarak gelmesinden* ortaya çıkar.

Ne kadar çok kullanıcı varsa o kadar çok kaynak kullanılır. Ne kadar çok kaynak kullanılırsa, kullanıcı başına o kadar az kaynak düşer. Eğer kullanıcılar ortak kaynakların sınırlandırılmış akılcılığını takip ederse ("İnek sayımı *sınırlamam* için hiçbir neden yok!") hiçbirinin kullanımlarını azaltmak için hiçbir sebebi olmaz. Sonuçta bu durumda, hasat oranı, kaynağın hasadı karşılama kapasitesini aşacaktır. Kullanıcıya herhangi bir geri besleme olmadığı için de aşırı hasat devam edecektir. Kaynak azalacaktır. Sonunda, aşınma döngüsü devreye girecek, kaynak yok edilecek ve tüm kullanıcılar mahvolacaktır.

Elbette, hiçbir insan grubunun, ortak kaynaklarını yok edecek kadar dar görüşlü olamayacağını düşüneceksiniz. Ancak ortak kaynakların felakete sürüklenmiş veya sürüklenmekte olduğu birkaç sıradan örneği düşünün:

- Popüler bir milli parka kontrolsüz erişim, parkın doğal güzelliklerini yok edecek kadar büyük kalabalıkları parka getirebilir.
- Fosil yakıtlardan ortaya çıkan karbondioksitin küresel iklim değişikliğine neden olan bir sera gazı olduğu bilinmesine rağmen, fosil yakıt kullanmaya devam etmek herkesin kolayına gelmektedir.
- Eğer her aile istediği sayıda çocuğa sahip olabiliyor, ancak bir bütün olarak toplumun, tüm çocuklar için eğitim, sağlık hizmetleri ve çevre koruma maliyetlerini karşılaması gerekiyorsa, doğan çocuk sayısı toplumun destekleme kapasitesini aşabilir. (Bu, Hardin'in makalesini yazmasına neden olan örnektir.)

Bu örnekler yenilenebilir kaynakların aşırı kullanılmasıyla ilgilidir. Bu, "sistem bahçesi"nde zaten gördüğünüz bir yapıdır. Trajedi, yalnızca ortak kaynakların kullanımında değil aynı zamanda kirliliğin atılabileceği paylaşımlı alanların, ortak havuzların kullanımında da pusuda bekliyor olabilir. Bir aile, şirket veya ülke, tüm topluluğun atıklarını yok etmeyi veya idare etmeyi sağlayabilirse, maliyetlerini düşürebilir, kârını artırabilir veya daha hızlı büyüyebilir. Kendi kirliliğinin yalnızca küçük bir kısmına katlanması gerekirken –ya da eğer kirliliği akıntı ya da rüzgar yönünde dökebiliyorsa o bile yoktur– öte yandan büyük bir kazanç elde eder. Bir kirleticinin bunu yapmaktan vazgeçmesi için akılcı bir neden yoktur. Bu durumlarda, ortak kaynağın –ister kaynak ister havuz olsun– kullanım oranını etkileyen geri besleme zayıftır.

Ortak kaynakları sömüren kişinin mantığının anlaşılmasının zor olduğunu düşünüyorsanız, hava kirliliğini azaltmak için araba paylaşımına ne kadar istekli olduğunuzu ya da ortalığı kirlettiğiniz zaman kendi arkanızı temizlemek için ne kadar istekli olduğunuzu kendinize sorun. Ortaklar sisteminin yapısı, bencil davranışı tüm topluma ve geleceğe karşı sorumlu olan davranıştan çok daha uygun ve kazançlı hale getirir.

Ortak kaynakların (malların) trajedisinden kaçınmanın üç yolu vardır.

- *Eğitin ve yüreklendirin.* İnsanların ortak kaynakların sınırsız kullanımının sonuçlarını görmelerine yardımcı olun. Erdemlerine hitap edin. Onları ölçülü olmaya ikna edin. Kuralları ihlal edenleri sosyal onaylanmama veya ebedi cehennem ateşi ile tehdit edin.
- *Ortak kaynakları özelleştirin.* Bölün, böylece her kişi kendi eylemlerinin sonuçlarıyla yüzleşsin. Eğer bazı insanlar kendi özel kaynaklarını taşıma kapa-

sitesinin altında kullanma iradesine sahip değillerse, onlar sadece kendilerine zarar vereceklerdir, başkalarına değil.

- *Ortak kaynakları düzenleyin.* Garrett Hardin, bu seçeneği açıkça, "üzerinde karşılıklı olarak anlaşılmış karşılıklı baskı" olarak adlandırıyor. Düzenleme, belirli davranışların doğrudan yasaklanmasından kotalara, izinlere, vergilere ve teşviklere kadar pek çok biçimde olabilir. Düzenlemenin etkili olması için polis kontrolü ve cezalarla uygulanması gerekir.

Bu çözümlerden ilki olan özendirme, ortak kaynakların kullanımını, ahlaki baskı yoluyla, kaynak tehdit altında olmayacak kadar düşük tutmaya çalışır. İkincisi, özelleştirme, kazanç ve kayıpların aynı karar vericiye düşmesini sağlayarak kaynağın durumundan onu kullananlara doğrudan geri besleme bağlantısı kurar. Sahibi yine de kaynağı kötüye kullanabilir ancak artık bunu yapmak cehalet veya mantıksızlık demektir. Üçüncü çözüm olan düzenleme, kaynağın durumundan kullanıcılara, düzenleyiciler aracılığıyla dolaylı bir geri besleme bağlantısı kurar. Bu geri beslemenin işe yaraması için düzenleyiciler ortak kaynakların durumunu izleme ve doğru bir şekilde yorumlama uzmanlığına sahip olmalı, etkili caydırıcı araçlara sahip olmalı ve tüm toplumun iyiliğini kalpten gözetmelidirler. (Bilgisiz, zayıf veya yozlaşmış olamazlar.)

Bazı "ilkel" kültürler, eğitim ve teşvik yoluyla ortak kaynakları nesiller için etkin bir şekilde yönetmiştir. Ancak Garrett Hardin bu seçeneğin güvenilir olduğuna inanmaz. Yalnızca gelenekle veya bir "onur sistemi" ile korunan ortak kaynaklar, geleneğe saygı duymayan veya onuru olmayanları cezbedebilir.

Eğer toplum bazı bireylerin zor yoldan öğrenmesine izin vermeye istekli ise, özelleştirme özendirmekten daha güvenilir bir şekilde işler. Ancak atmosfer ve denizdeki balık gibi birçok kaynak özelleştirilemez. Bu, geriye yalnızca "üzerinde karşılıklı olarak anlaşılmış karşılıklı baskı" seçeneğini bırakır.

Hayat karşılıklı baskı düzenlemeleriyle doludur, çoğu o kadar sıradandır ki durup onlar üzerinde düşünmezsiniz bile. Her biri, ortak bir malı kullanma özgürlüğünü korurken, onu kötüye kullanma özgürlüğünü sınırlar. Örneğin:

- Yoğun bir kavşağın merkezindeki ortak alan trafik ışıklarıyla düzenlenir. İstediğiniz zamanda geçemezsiniz. Bununla birlikte sıra size geldiğinde, hiç bir düzenleme olmadan serbestçe geçilse mümkün olacağından daha güvenli bir şekilde geçebilirsiniz.
- Şehir merkezindeki ortak park alanlarının kullanımı, yer için ücret ödediğiniz ve kullanım süresini sınırlayan sayaçlarla paylaştırılmaktadır. İstediğiniz yere istediğiniz süre boyunca park etme özgürlüğünüz yok ancak park yeri bulma şansınız, sayaçların olmadığı duruma göre daha yüksektir.

- Bankadaki parayı istediğiniz gibi alamazsınız ancak böyle olması sizin için avantajlı olabilir. Bankalarda, çelik kasalar gibi koruyucu cihazlar, polis ve parmaklık korumasıyla güçlendirildiğinde, bankaya ortak bir kaynak gibi davranmanızı engeller. Bunun karşılığında bankadaki kendi paranız da korunur.
- Radyo veya televizyon sinyalleri taşıyan dalga boyları üzerinden dilediğiniz gibi yayın yapamazsınız. Bir düzenleyici kurumdan izin almanız gerekir. Yayın yapma özgürlüğünüz sınırlanmamış olmasaydı, radyo dalgaları, üst üste binmiş sinyallerinden oluşan bir kaos olurdu.
- Pek çok belediyenin çöp sistemi o kadar pahalı hale geldi ki artık evler, çöp imhası için ürettikleri çöp miktarına bağlı olarak ücretlendiriliyor – geçmişteki ortak kaynakları, "kullandıkça öde sistemi" düzenine dönüştürüyor.

Bu örneklerden "üzerinde karşılıklı olarak anlaşılmış karşılıklı baskı"nın kaç farklı biçim alabildiğine dikkat edin. Trafik ışığı, ortak alanlara erişimi "sıranızı bekleyin" temelinde düzenler. Sayaçlar ortak otopark kullanımını ücretlendirirler. Banka fiziksel engellemeler ve ağır cezalar kullanır. Yayın frekanslarını kullanma izinleri, başvuru sahiplerine bir devlet kurumu tarafından verilir ve çöp harçları, geri beslemenin eksikliğini doldurur ve her hane halkının kendi ortak kullanımının ekonomik etkisini hissetmesini sağlar.

Çoğu insan, üzerinde karşılıklı olarak anlaşıldığı ve amacı anladıkları sürece, düzenleyici sistemlere çoğu zaman uyar. Ancak tüm düzenleyici sistemler, ara sıra uymayanlar için polis gücü ve cezaları kullanmalıdır.

TUZAK: ORTAK KAYNAKLARIN (MALLARIN) TRAJEDİSİ

Ortak kullanılan bir kaynak olduğunda, her kullanıcı kullanımından doğrudan fayda sağlar ancak kötüye kullanımın maliyetini herkesle paylaşır. Bu nedenle, kaynağın durumundan kaynak kullanıcılarının kararlarına ulaşan çok zayıf bir geri besleme vardır. Sonuç, kaynağın aşırı kullanımıdır ve onu kimse tarafından kullanılamaz hale gelene kadar aşındırır ve tüketir.

ÇIKIŞ YOLU

Kullanıcıları kaynağı kötüye kullanmanın sonuçlarını anlayabilmeleri için eğitin ve yüreklendirin. Ayrıca eksik geri besleme bağlantısını tamir edin veya güçlendirin. Kaynağı özelleştirerek, her bir kullanıcının kötüye kullanımın sonuçlarını doğrudan hissetmesini sağlayın veya pek çok kaynak özelleştirilemeyeceği için bunu tüm kullanıcıların kaynağa erişimini düzenleyerek yapın.

Düşük Performansa Sürüklenme

> Bu durgunlukta İngilizler şunu keşfetti... ekonomi her zamanki kadar aşağı doğru hareketliydi. Artık ulusal felaketler bile daha büyük bir gerilemenin habercisi olarak görülüyordu. *The Independent on Sunday*, "Windsor yangınının, yeni ulusal özellik haline gelmiş olan beceriksizlikten kaynaklandığı yönünde ülke genelindeki kaygı verici duygu..." üzerine bir ön sayfa makalesi yayımladı.
>
> İşçi Partisi'nin ticaret ve endüstri sözcüsü Lord Peston ısrarla şöyle diyor: "Biz ne yapmamız gerektiğini biliyoruz sadece bazı nedenlerden dolayı bunu yapmıyoruz."
>
> Politikacılar, iş adamları ve ekonomistler, ülkeyi; gençlerin standartların altında eğitim aldığı, hem çalışanın hem de yönetimin yetersiz olduğu, yatırımların azaldığı ve politikacıların ekonomiyi yanlış yönettiği bir yer olmakla suçluyorlar.
>
> —Erik Ipsen, *International Herald Tribune, 1992*[7]

Bazı sistemler yalnızca politikaya direnmekle ve alışılmış kötü durumlarını sürdürmekle kalmaz, daha da kötüye giderler. Bu kalıp yapının bir adı "düşük performansa sürüklenme"dir. Örnekler arasında, bir işletmedeki pazar payının düşmesi, bir hastanedeki hizmet kalitesinin azalması, sürekli olarak daha da kirlenen nehirler veya hava, periyodik diyetlere rağmen artan kilo, Amerika'da devlet okullarının durumu –veya benim bir şekilde kaybolup giden koşu programım var.

Bu geri besleme döngüsündeki aktörün (İngiliz hükümeti, iş dünyası, hastane, şişman kişi, okul yöneticisi, koşucu), her zamanki gibi gerçek durumdan daha farklı bir performans hedefi veya arzu ettiği bir sistem durumu vardır. Eğer bu iki durum arasında bir fark varsa önlem alınır. Şimdiye kadar bu, performansı istenen seviyede tutması gereken, sıradan bir dengeleyici geri besleme döngüsüydü.

Ancak bu sistemde, sistemin gerçek durumu ile algılanan durum arasında bir ayrım vardır. *Aktör, iyi haberden çok kötü habere inanma eğilimindedir.* Gerçek performans değiştikçe, en iyi sonuçlar sapma olarak görülüp reddedilir, en kötü sonuçlar hafızada kalır. Aktör, olayların gerçekte olduğundan daha kötü olduğunu düşünür.

Ve bu trajik kalıp yapıyı tamamlamak için *sistemin istenen durumu sistemin algılanan durumundan etkilenir.* Standartlar mutlak değildir. Algılanan performans kaydığında, hedefin kayması da mümkün olur. "İşte, olup olacağı budur." "İşte, geçen yıl olduğundan çok daha kötü durumda değiliz." "İşte, etrafına bir bak, diğer herkes de sorun yaşıyor."

Sistemin durumunu kabul edilebilir bir seviyede tutması gereken dengeleyici geri besleme döngüsü, yokuş aşağı giden bir pekiştirici geri besleme döngüsü tarafından alt edilir. Algılanan sistem düzeyi ne kadar düşükse, arzu edilen düzey de o kadar düşük olur. Arzu edilen düzey ne kadar düşükse, fark o kadar az olur ve daha az düzeltici önlem alınır. Daha az düzeltici önlem, daha düşük sistem düzeyi demektir. Bu döngünün kontrolsüzce çalışmasına izin verilirse döngü, sistemin performansında sürekli bir düşüşe neden olabilir.

Bu sistem tuzağının bir başka adı da "aşınan hedefler"dir. Bu ayrıca, "haşlanmış kurbağa sendromu" olarak da adlandırılır. Eski hikayede –doğru olup olmadığını bilmiyorum– aniden sıcak suya atılan bir kurbağanın hemen dışarı atlayacağından ancak soğuk suya konulup su yavaş yavaş ısıtıldığında kurbağanın haşlanana kadar mutlu bir şekilde orada kalacağından söz edilir. "Sanki burası biraz ısınıyor. Yok canım, bir süre öncekinden çok da sıcak değil." Düşük performansa doğru sürüklenme aşamalı bir süreçtir. Eğer sistemin düzeyi hızla düşseydi, telaşlı bir düzeltme süreci olurdu. Ancak sistemin düzeyi, her şeyin eskiden ne kadar daha iyi olduğuna dair hafızayı (veya inancı) silmeye yetecek kadar yavaş düşerse, herkes gittikçe azalan beklentilerle, gittikçe azalan çaba ve gittikçe azalan performansın içinde uyuşur kalır.

Aşınan hedeflerin iki panzehiri vardır. Bunlardan biri, standartları, performanstan bağımsız olarak, hiçbir koşulda değiştirmemektir. Bir diğeri, hedefleri geçmişin en kötü performansı yerine en iyi performansına duyarlı hale getirmektir. Eğer algılanan performans üzerinde karamsar bir ön yargı yerine iyimser bir ön yargı varsa, eğer biri en iyi sonuçları standart olarak ve en kötü sonuçları yalnızca geçici bir aksilik olarak görüyorsa, aynı sistem yapısı sistemi giderek artan çok daha iyi performansa çekebilir. "İşler kötüleştikçe, daha da kötüleşmesini sağlayacağım." diyerek baş aşağı giden bir pekiştirici döngü, "İşler ne kadar iyiye giderse, onları daha da iyi hale getirmek için o kadar çok çalışacağım." diyerek yukarı doğru giden bir pekiştirici döngü haline gelir.

Bu dersi tempolu ve yavaş koşularıma uygulamış olsaydım, şimdi maraton koşuyor olurdum.

TUZAK: DÜŞÜK PERFORMANSA SÜRÜKLENME

Performans standartlarının geçmiş performanstan etkilenmesine izin vermek, özellikle de geçmiş performansı algılamada bir olumsuzluk yanılgısı varsa, aşınan hedeflerden oluşan pekiştirici bir geri besleme döngüsü oluşturur. Ve bu döngü sistemi düşük performansa doğru sürükler.

ÇIKIŞ YOLU

Performans standartlarınız mutlak olsun. Daha da iyisi, en kötü performansların standartları aşağı çekmesine değil, en iyi gerçek performansların standartları geliştirmesine olanak sağlayın. Aynı sistem yapısını, yüksek performansa doğru bir sürüklenme oluşturmak için kullanın!

Tırmandırma

> Militanlar pazar günü bir İsrail askerini kaçırdılar ve ordunun Gazze Şeridi'nde etkili bir Müslüman grubun hapisteki kurucusunu hemen serbest bırakmaması durumunda kaçırılan askeri öldürmekle tehdit ettiler... Adam kaçırma... yoğun bir şiddet dalgasıyla geldi... üç Filistinlinin vurulması ve bir İsrail askerinin... ciple devriye gezerken yoldan geçen bir araçtan ateş edilerek öldürülmesiyle... Ayrıca taş atan göstericiler ve onlara gerçek mühimmat ve plastik mermilerle ateş açan İsrail askerleri arasında süregelen çatışmalarla harabeye dönen Gazze'de en az 120 kişi yaralandı.
>
> —Clyde Haberman, International Herald Tribune, 1992[8]

Bu kitabın başlarında daha önce bir tırmandırma örneğinden bahsetmiştim; çocukların kavga etme sistemi. Bana vurdun, ben de sana biraz daha sert vurdum, bu yüzden sen bana daha da sert vurdun ve çok yakında gerçek bir kavgaya tutuşacağız.

"Hamlenizi görüyor ve el yükseltiyorum." tırmandırmaya yol açan karar kuralıdır. Tırmandırma, birbirlerinin önüne geçmeye çalışan rakip oyuncuların kurduğu pekiştirici döngüden kaynaklanır. Sistemin bir bölümünün veya sistemdeki bir aktörün amacı, bir oda termostatının sıcaklığının 18 °C'ye (65 °F) ayarlanmasında olduğu gibi kesin değildir. Amaç, sistemdeki diğer bir parçanın veya bir

başka aktörün durumuna bağlıdır. Diğer pek çok sistem tuzağı gibi, tırmandırma da her zaman kötü bir şey değildir. Oyuncular arasındaki rekabet, daha verimli bir bilgisayar veya AIDS'in tedavisi gibi arzu edilen bir hedefle ilgili ise tırmandırma tüm sistemi bu hedefe doğru hızlandırabilir. Ancak tırmandırılan; düşmanlık, silahlanma, gürültü veya rahatsızlık olduğunda, bu gerçekten de sinsi bir tuzaktır. En yaygın ve korkunç örnekleri, silahlanma yarışları ve dünyanın çeşitli bölgelerinde amansız düşmanların sürekli olarak kendini pekiştiren bir şiddetin sınırında yaşadığı yerlerdir.

Her aktör, kendi arzu edilen sistem düzeyini diğerinin algılanan sistem düzeyinden alır ve yükseltir! Tırmandırma sadece rakiplerle aşık atmak değil, ayrıca onların biraz ilerisine geçmektir. Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği, envanterlerindeki fazla silahı haklı gösterebilmek için yıllarca birbirlerinin silahlanmasına ilişkin raporları abarttılar. Bir taraftaki her bir silah artışı, diğer tarafta onu geçme mücadelesine neden oldu. Her iki taraf da tırmandırmadan diğerini sorumlu tutmuş olsa da, aslında her iki tarafın da durumu kendi kendine tırmandırdığını söylemek daha sistemik olurdu. Her iki ülkenin kendi silah geliştirme programı, gelecekte daha da fazla silah geliştirmeyi gerektireceği kesin olan bir süreci başlattı. Bu sistem trilyonlarca dolarlık harcamaya, iki süper gücün ekonomilerinin bozulmasına ve dünyayı hâlâ tehdit eden hayal edilemeyecek kadar yıkıcı silahların evrimine neden oldu.

Tırmandırmanın bir diğer olumsuz örneği de karalama kampanyalarıdır. Bir aday diğerine iftira atar, bu yüzden diğeri de ona iftira atar ve bu seçmenler adayların hiçbir olumlu özelliğinden haberdar olmayana ve tüm demokratik süreç küçük düşürülünceye kadar böylece devam eder.

Bir de fiyat savaşları var. Ekonomik rakiplerden birisinin diğerinin fiyatını kırdığı, sonra diğerinin daha çok fiyat kırdığı, sonra ilkinin daha da çok fiyat kırdığı ve her iki taraf da para kaybettiği halde hiçbirisinin kolayca vazgeçemediği ana kadar süren. Bu tür bir tırmandırma, rakiplerden birinin iflasıyla sonlanabilir.

Reklam şirketleri, tüketicinin dikkatini çekmek için tekliflerini yükseltir. Bir şirket parlak, ses getiren ve dikkat çekici bir şey yapar. Rakibi daha fazla ses getiren, daha büyük, daha küstahça bir şey yapar. İlk şirket bunu aşar. Reklam her yerde, e-postada, telefonda daha fazla yer almaya, daha gösterişli, daha gürültücü, daha müdahaleci olmaya başlar. Ta ki tüketicinin duyuları neredeyse hiçbir reklam verenin mesajının nüfuz edemeyeceği kadar uyuşana kadar.

Tırmandırma sistemi aynı zamanda kokteyl partilerinde giderek daha yüksek sesle konuşmayı, limuzinlerin artan uzunluğunu ve rock gruplarının artan çılgınlığını da üretir.

Tırmandırma aynı zamanda huzurla, nezaketle, verimlilikle, incelikle, kaliteyle ilgili de olabilir. Fakat tırmandırma iyi bir yönde olsa bile sorun yaratabilir çünkü onu durdurmak kolay değildir. Güncel, güçlü, pahalı tanı araçlarıyla diğerlerini geride bırakmaya çalışan her hastane, sağlık hizmetlerinde fahiş maliyetlere yol açabilir. Ahlaklılığın tırmandırılması, kibirlenmeye ve kaba bir sofuluğa yol açabilir. Sanatta tırmandırma, baroktan rokokoya ve sonunda kitsch'e kadar varabilir. Çevreye duyarlı yaşam tarzlarının tırmanması, katı ve gereksiz bir püritenliğe yol açabilir.

Tırmandırma, pekiştirici bir geri besleme döngüsü olduğu için üstel büyür. Bu nedenle bir rekabeti, kimsenin mümkün olduğuna inanmayacağı bir hızda uçlara taşıyabilir. Döngüyü kırmak için hiçbir şey yapılmazsa, süreç genellikle rakiplerden birinin veya her ikisinin yıkımıyla sona erer.

Tırmandırma tuzağından çıkmanın bir yolu, tek taraflı silahsızlanma, rakibinizin sistem düzeyinde azalmalara neden olmak için kendi sistem düzeyinizi kasıtlı olarak düşürmektir. Sistemin mantığı içinde bu neredeyse düşünülemez bir seçenektir. Ancak birisi bunu kararlılıkla yaparsa ve rakibinin kısa erimli avantaj elde etmesinden sağ çıkabilirse, gerçekten işe yarayabilir.

Tırmandırma sisteminden çıkmanın diğer tek incelikli yolu, silahsızlanma konusunda pazarlık yapmaktır. Bu, sistem tasarımında yapısal bir değişim çalışmasıdır. Rekabeti sınırlar içinde tutmak için bir dizi yeni dengeleyici geri besleme döngüsü yaratır (çocukların kavgasını durdurmak için ebeveyn baskısı; reklamların boyutu ve yerleştirilmesiyle ilgili düzenlemeler; şiddete eğilimli bölgelerde barışı-koruma birlikleri). Tırmandırma sistemlerinde, silahsızlanma anlaşmalarını elde etmek genellikle kolay değildir ve dahil olan taraflar için hiç memnun edici olmaz ancak bunlar yarış içinde olmaktan çok daha iyidir.

TUZAK: TIRMANDIRMA

Bir stokun düzeyi, başka bir stokun düzeyini geçmeye kararlı ise (ve tam tersi) sistemi; silahlanma yarışına, servet yarışına, karalama kampanyasına, artan gürültüye, artan şiddete taşıyan bir pekiştirici geri besleme döngüsü vardır. Tırmandırma üsteldir ve şaşırtıcı derecede hızlı bir şekilde aşırılıklara yol açabilir. Hiçbir şey yapılmazsa sarmal, birisinin çöküşüyle durur - çünkü üstel büyüme sonsuza kadar devam edemez.

ÇIKIŞ YOLU

Bu tuzaktan kurtulmanın en iyi yolu, ona yakalanmaktan kaçınmaktır. Bir tırmandırma sistemine yakalanan kişi, eğer rekabet etmeyi reddedebilirse (tek taraflı silahsızlanma), pekiştirici geri besleme döngüsü kırılabilir. Veya tırmandırmayı kontrol etmek için dengeleyici döngüler içeren yeni bir sistem üzerinde pazarlık yapılabilir.

Başardıkça Gelen Başarı - Rekabetçi Dışlama

> Vergi yükümlüleri arasında, ilk yüzde birlik dilimin en üstünde yer alan, son derece zengin kişiler gelirlerinin daha azının vergilendirilmesini sağlayacak önemli esnekliklere sahipler... Onlar, teşvik primlerini, vergilerin daha yüksek olacağı öngörülen gelecek yıl yerine bu yıl alma avantajını yaşayabilirler, hisse senetlerini paraya çevirebilirler ve gelirlerini mümkün olan her koşulda artırabilirler.
>
> —Sylvia Nasar, *International Herald Tribune,* 1992[9]

Birikmiş zenginliği, ayrıcalığı, özel erişimi veya içeriden sızdırılmış bilgiyi kullanarak daha fazla zenginliğe, ayrıcalığa, erişime veya bilgiye ulaşabilmek 'başardıkça gelen başarı' kalıp yapısının örnekleridir. Bu sistem tuzağı, bir yarışmanın galibinin ödülünün bir parçası olarak, gelecekte daha etkili şekilde rekabet etme araçları elde ettiği her durumda karşımıza çıkar. Bu yapı, sistemi hızla kazandıkça kazananlar ve kaybettikçe kaybedenler şeklinde ikiye bölen bir pekiştirici geri besleme döngüsüdür.

Daha önce Monopoly oynamış herkes başardıkça gelen başarı sistemini bilir. Tüm yarışmacılar oyuna eşit başlar. Arazilerine otelleri ilk inşa edebilenler, diğer oyunculardan kira toplama imkânına sahip olurlar ve bu kiralarla yeni oteller satın alabilirler. Daha çok otelin oldukça daha çok otele sahip olursun. Oyun, bir oyun-

cu her şeye sahip olduğunda biter, tabii ki diğer oyuncular hayal kırıklığı ile çok daha önce oyunu terk etmediyse.

Bir keresinde mahallemizde, evlerinin dış cephesine en çarpıcı Noel ışıklandırmasını hazırlayan aileye 100 dolarlık bir ödül verecek bir yarışma düzenlenmişti. İlk yıl ödülü alan bu aile 100 doları daha fazla Noel ışıklandırması almak için kullandı. Ailenin her yıl giderek daha özenli hale gelen süslemeleri ile art arda üç yılın galibi olması sonrasında yarışma askıya alındı.

Çünkü kimde varsa, ona daha çok verilecek (Mark 4:25). Kazananlar daha çok kazandıkça, gelecekte daha da çok kazanabilirler. Eğer galibiyet, kazananın elde ettiği her şeyi kaybedenlerden çekip aldığı sınırlı bir çevrede gerçekleşiyorsa, kaybedenler kademeli olarak iflas eder, dışlanır ya da aç kalır.

Başardıkça gelen başarı, ekolojide 'rekabetçi dışlama ilkesi' olarak isimlendirilen, iyi bilinen bir kavramdır. Bu ilke, iki ayrı türün, tam olarak aynı kaynaklar için rekabet ederken tam olarak aynı ekolojik konumda yaşayamayacağını söyler. İki farklı tür olmaları nedeniyle, bir tanesi kaçınılmaz olarak daha hızlı üreyecek ya da kaynağı diğerinden daha verimli kullanma becerisinde olacaktır. Avantajlı tür, kaynaktan daha büyük payı elde edecek, böylece daha çok üreyecek ve rekabette avantajlı durumunu sürdürebilecektir. Sadece ekolojik yaşam alanına egemen olmakla kalmayacak, kaybetmekte olan türü yok oluşa sürükleyecektir. Bu durum genellikle türlerin doğrudan çatışması ile değil, avantajlı türün tüm kaynağı ele geçirmesi ve zayıf türe bir şey bırakmaması ile gerçekleşecektir.

Bu tuzağın başka bir ifadesi Karl Marx'ın kapitalizm eleştirisinde yer alır. Aynı pazarda rekabet eden iki şirket aynı ekolojik yaşam alanında rekabet eden iki tür ile aynı davranışı sergileyecektir. Şirketlerden bir tanesi, daha yüksek verimlilik, akıllıca yatırım, daha üstün teknoloji, daha fazla rüşvet veya herhangi başka bir sebep ile hafif bir üstünlük elde eder. Şirket, bu üstünlük sayesinde üretim tesislerine, yeni teknolojiye, reklama veya rüşvete harcayabilecek daha fazla gelire sahip olur. Şirketin pekiştirici sermaye birikimi döngüsü, diğer şirkete kıyasla daha hızlı dönebilecek ve bu, daha da fazla üretim ve daha da fazla kazancı mümkün kılacaktır. Sonlu bir pazarda, şirketi durduracak Rekabeti Koruma Yasaları da yok ise bir şirket yeniden yatırım yapmayı ve üretim tesislerini büyütmeyi tercih ettiği sürece sonunda her şeyi ele geçirecektir.

Bazı kişiler komünist Sovyetler Birliği'nin çöküşünün Karl Marx'ın teorilerini çürüttüğünü düşünse de Marx'ın 'rekabet piyasası, sistematik olarak rekabet piyasasını ortadan kaldırır' analizinin doğruluğu, şimdi ya da geçmişte bir rekabet piyasasının var olduğu her yerde gösterilmiştir. Başardıkça gelen başarı pekiştirici döngüsü nedeniyle ABD'de önceden çok sayıda olan otomobil şirketlerinin sayı-

sı üçe kadar düşmüştür – Rekabeti Koruma Yasaları nedeniyle bu sayı bir değil. Çoğu ABD şehrinde sadece bir gazete hayatta kalmıştır. Her piyasa ekonomisinde, uzun erim eğilimi olarak, çiftlik sayıları azalırken çiftlik büyüklüklerinin arttığını görüyoruz.

Başardıkça gelen başarı tuzağı, en ağır hasarını zengini daha zengin, yoksulu daha yoksul hale getiren pek çok yoldan yapar. Zenginlerin, vergiden muaf olmak için yoksullara göre daha çok imkâna sahip olmaları dışında:

- Çoğu toplumda en yoksul çocuklar en kötü okullarda en kötü eğitimi alırlar. Tabii ki okula gitme olanağını bulurlarsa. Pazarlanabilir pek az beceriyle, sadece yoksulluklarını sürdürecek düşük ücretli işler için uygun nitelikte kişiler olurlar.[10]
- Düşük gelirli ve az varlıklı kişiler çoğu bankadan borç almayı başaramaz. Böylece ya sermayesini geliştirecek yatırımlar yapamaz ya da fahiş faiz oranları uygulayan yerel tefecilere başvurmaları gerekir. Faiz oranları makul olduğunda bile, yoksullar bu faizi öderken, zenginler kazanır.
- Dünyanın çoğu yerinde toprak o kadar dengesizce sahiplenilmiştir ki çoğu çiftçi başka birisinin toprağında kiracıdır. Mahsullerinin bir kısmını toprak sahibine kullanım hakkı karşılığında ödemeleri gerekir ve böylece hiçbir zaman kendilerine ait toprağa sahip olmaları mümkün olmaz. Toprak sahibi ise kiracıdan gelen geliri daha fazla toprak almak için kullanır.

Bunlar gelirin, varlığın, eğitimin ve olanakların adaletsiz dağılımını sürekli kılan geri beslemelerin sadece bazılarıdır. Yoksullar, satın alma güçleri ancak küçük miktarları almaya yettiği için (yemek, yakıt, tohum, gübre) en yüksek fiyatı öder. Çoğu kez örgütlenmemiş oldukları ve kendilerini iyi ifade edememeleri nedeniyle, hükümet harcamalarının orantısızca küçük bir kısmı onların gereksinimlerine ayrılır. Fikirler ve teknoloji en son onlara ulaşır. Hastalık ve kirlilik ilk onlara ulaşır. Onlar; tehlikeli, düşük ücretli işlere girme dışında şansı olmayan, çocukları aşılanmayan, kalabalık, suça ve felakete eğilimli alanlarda yaşayan kişilerdir.

Başardıkça gelen başarı tuzağından nasıl çıkarsınız?

Türler ve şirketler bazen *farklılaşarak* rekabetçi dışlanımdan kurtulabilir. Bir tür yeni kaynakları kullanmayı öğrenebilir ya da bunu yapacak şekilde evrilebilir. Bir şirket diğerleri ile doğrudan rekabette olmayacak yeni bir ürün veya hizmet ortaya koyabilir. Piyasalar tekelleşmeye ve ekolojik yaşam alanları tekdüzeliğe eğilimlidir ancak yeni pazarlar, yeni türler gibi farklılaşma filizleri de verirler. Zaman içinde bu farklılaşma filizleri de rakipleri cezbeder ve ardından sistemi tekrar rekabetçi dışlanıma doğru yönlendirir.

Öte yandan, farklılaşma garanti değildir, özellikle de tekelleşen şirket (ya da tür) tüm filizleri yok etme veya satın alma gücüne sahipse ya da onları hayatta kalmaları için gerekli kaynaklardan yoksun bırakabiliyorsa. Farklılaşma, yoksul için işe yarar bir strateji değildir.

Başardıkça gelen başarı döngüsü, herhangi bir rakibin her şeyi ele geçirmesini engelleyecek geri besleme döngülerinin devreye sokulması ile kontrol altına alınabilir. Tekelleşme karşıtı yasaların teoride ve bazen de pratikte yaptığı şey budur. (Bununla birlikte, çok büyük şirketlerin kazandıkça kazanarak elde edebileceği kaynaklardan birisi de tekelleşme karşıtı yasaların uygulanmasını zayıflatabilme gücüdür.)

Başardıkça gelen başarı kalıp yapısından en bariz çıkış yolu düzenli aralıklarla "herkese fırsat eşitliği sağlanmasıdır." Geleneksel topluluklar ve oyun tasarımcıları sezgisel olarak sistemlerinde avantajları eşitleyecek yollar tasarlarlar ki oyun adil ve ilgi çekici kalabilsin. Monopoly oyunu yeni turda her oyuncu için eşit olarak başlar ki bir önceki oyunda kaybedenin kazanma şansı olsun. Birçok spor dalı zayıf oyuncuları gözetmek, oyunda herkese kazanma olanağı sağlamak üzere kurallar koymuştur. Çoğu geleneksel toplumda, Kuzey Amerika yerlilerinin 'potlatch' ismini verdikleri, varlıklıların sahip olduklarının bir kısmını yoksullara vermesi geleneğini yaşatan bayramın benzerleri vardır.

Zengini daha zengin, yoksulu daha yoksul yapan döngüyü kırmak için pek çok yöntem vardır: zenginlerden fakirlere kıyasla daha yüksek oranlarda vergi alınmasını sağlayan vergi yasası, hayır kuruluşları, kamu yararı kavramı, işçi sendikaları, evrensel ve eşit nitelikte sağlık ve eğitim, veraset vergisi (her yeni kuşakta oyunu yeniden başlatmanın bir yolu). Çoğu endüstri toplumu, herkesi oyunda tutabilmek amacıyla, başarılı olana başarı tuzaklarına yönelik bu sayılanlara benzer kontrollerin çeşitli kombinasyonlarını uygular. Bağış yapma geleneğine sahip medeniyetler, bağışçının sosyal konumunu yükselten bayramlar ve diğer kutlamalar aracılığı ile varlığı yeniden dağıtır.

Bu eşitleyici mekanizmalar, basit ahlaki değerlerden kaynaklanabilir veya kaybedenlerin "başardıkça gelen başarı oyunundan" çıkmayı başaramamaları ve kazanma ümitlerinin de olmaması durumunda, oyun alanını kırıp dökecek kadar hüsrana uğrayabileceklerinin deneyimlenmesi sonucu da gelişebilir.

TUZAK: BAŞARDIKÇA GELEN BAŞARI

Eğer bir yarışmanın galipleri sistematik olarak yeniden kazanmalarını sağlayacak şekilde ödüllendiriliyorlarsa, bir pekiştirici döngü oluşur. Bu pekiştirici döngü, herhangi bir engelleme olmaksızın devam etmesine izin verildiğinde, kaybedenler elenirken kazananların sonunda her şeye sahip olmasını sağlar.

ÇIKIŞ YOLU

Kaybedenlerin oyundan çıkıp başka bir oyuna başlamasını sağlayacak farklılaşma; herhangi bir galibin pastadan alabileceği paya getirilecek katı kısıtlamalar (tekelleşme karşıtı yasalar); en kuvvetli oyuncuların bazı avantajlarını ortadan kaldırarak veya en zayıfın avantajını güçlendirerek herkes için fırsat eşitliği sağlamak; başarıya verilecek ödülün yarışmanın bir sonraki turunu yönlendirmesini engelleyecek düzenlemeler.

Yükü Müdahale Edene Kaydırma - Bağımlılık

Ne kadar inanılmaz bir girdap içinde aşağıya doğru çekildiğimiz duygusuna kapılabilirsiniz. Özel sektöre yüklenen maliyet artmaya devam ettiği için daha fazla özel sektör yöneticisi çalışanlarını sigortalamaktan vazgeçiyor. Artık biz... sayıları ayda yaklaşık 100.000'lere ulaşan, sağlık sigortalarını kaybeden Amerikalılarız.

Bu kişilerin çok büyük çoğunluğu düşük gelirlileri destekleyen 'Medicaid' (tıbbi harcamalara yardım programı) kapsamına giriyor. Ve eyalet bütçeleri açık veremeyeceği için eğitime veya çocuklara yatırım programlarına daha az fon ayırıyorlar veya vergileri yükseltiyorlar ve bu, parayı diğer yatırımlardan uzaklaştırıyor.

—Bill Clinton, *International Herald Tribune,* 1992[11]

'Eğer bir Somalili'yi kızdırmak istersen elinden yemen otunu al' derler... Yemen otu (khat), *catha edulis* bitkisinin taze, gevrek yaprakları ve ince dallarıdır... Farmakolojik olarak amfetamine benzer... Yirmi iki yaşındaki Abdukadr Mahmoud Farah 15 yaşında yemen otu çiğnemeye başladığını anlatıyor... "Nedeni, bu yeri aklımdan çıkarabilmek. Kullandığım zaman mutlu olurum. Her şeyi yapabilirim. Yorulmam."

—Keith B. Richburg, *International Herald Tribune,* 1992[12]

Çoğu kişi alkol, nikotin, kafein, şeker ve eroinin bağımlılık yapıcı özelliklerini bilir. Öte yandan herkesin farkında olmadığı, bağımlılığın daha büyük sistemlerde ve başka kılıklarda da baş gösterebileceğidir. Endüstrinin devlet desteğine, çiftçilerin güvencesinin gübrelere, Batı ekonomilerinin ucuz petrole veya silah üreticilerinin hükümet ile anlaşmalara bağımlı oluşu gibi.

Bu tuzak pek çok isim ile anılır: bağımlılık, bağlılık, yükü müdahale edene kaydırma. Yapı, giriş ve çıkış akışları olan bir stok içerir. Stok fiziksel (mısır hasatı) veya fiziksel olmayan (iyilik veya öz saygı hisleri) bir şey olabilir. Stokun seviyesi, giriş veya çıkış akışını değiştirerek dengeleyici döngü oluşturan bir etken tarafından korunur. Etkenin bir hedefi vardır ve stokun güncel durumuyla ilgili algısını bu hedef ile karşılaştırarak hangi eylemin yapılması gerektiğini belirler.

Diyelim ki açlık ve savaşın var olduğu bir ülkede yaşayan genç bir erkeksiniz ve hedefiniz esenliğinizi artırarak mutlu, enerji dolu ve korkusuz hissedebilmek. Arzu edilen durum ile mevcut durum arasında koskoca bir fark var ve bu açığı kapatabilmek için seçenekleriniz çok az. Ama yapabileceğiniz bir şey var; uyuşturucu kullanmak. Uyuşturucular gerçek durumunuzu düzeltecek hiçbir şey yapmaz, hatta muhtemelen daha kötü duruma getirir. Ama uyuşturucular hızla durum *algınızı* değiştirir, hisleri uyuşturur ve size kendinizi yorulmaz, cesur hissettirir.

Benzer şekilde, eğer başarısız bir şirketi yönetiyorsanız ve devlet desteği alabiliyorsanız, para kazanmaya ve iyi bir kâr elde etmeye ve böylece toplumun saygıdeğer bir üyesi olarak kalmaya devam edebilirsiniz. Ya da belki de aşırı kullanım ile verimsiz hale gelmiş arazinizde mısır mahsülünü artırmaya çalışan bir çiftçisiniz. Toprağın verimliliğini artıracak herhangi bir şey yapmadan gübre kullanarak bereketli bir mahsül elde ediyorsunuz.

Sorun şu ki müdahaleler ile oluşturulmuş durumlar sürdürülebilir değil. Sarhoşluk geçiyor. Sağlanan devlet destekleri boşa harcanıyor. Gübre tüketiliyor veya akıp gidiyor.

Bağımlılık ve yükü kaydırma sistemlerine pek çok örnek verilebilir:

- Eskiden yaşlıların bakımı, her zaman kolay olmasa da aileleri tarafından üstlenilirdi. Derken sosyal güvenlik, emekli evleri, bakım evleri ortaya çıktı. Şimdi çoğu ailenin yaşlılarına bakacak yeri, zamanı, becerisi veya isteği yok.
- Devlet otoyollar inşa ederek destek olmaya karar verene kadar, uzun mesafe taşımacılık tren yolları ile, kısa mesafe taşımacılık metro ve tramvay ile sağlanıyordu.
- Çocuklar, hesap makinesinin yaygın kullanımı öncesinde, aritmetiği akıllarından veya kağıt kalem ile yapabiliyordu.

- Aşılar ve ilaçlar ortaya çıkana kadar topluluklar çiçek hastalığı, verem, sıtma gibi hastalıklara kısmi bağışıklık geliştirmişlerdi.
- Modern tıp, genel olarak, sağlıkla ilgili sorumluluğu her bir bireyin hayat tarzı ve uygulamalarından, doktor ve ilaç müdahalelerine kaydırdı.

Yükü müdahale edene kaydırmak iyi bir şey olabilir. Sıklıkla bilinçli olarak yapılır ve sonuç, sistemi istenen durumda tutma becerisindeki artış olabilir. Şüphesiz, çiçek hastalığına karşı aşı ile oluşan yüzde yüz koruma, eğer kalıcılığı da varsa sadece kısmi koruma sağlayan doğal çiçek hastalığı bağışıklığına tercih edilir. Bazı sistemler gerçekten de bir müdahale edene ihtiyaç duyar!

Ancak müdahale bir sistem tuzağı haline gelebilir. Düzeltici geri besleme işlemi, sistemin durumunu korumakta zayıf kalır. İyi niyetli ve verimli bir müdahaleci mücadeleyi gözler ve yükün bir kısmını almak üzere devreye girer. Sistemi hızla herkesin istediği duruma getirir. Sıra tebriklere gelir, genellikle de müdahale eden kendi kendini tebrik eder.

Derken asıl problem yeniden belirir çünkü kök nedeni çözecek herhangi bir şey yapılmamıştır. Bu durumda, müdahaleci "çözümden" biraz daha fazla uygular, sistemin gerçek durumunu yine maskeler ve böylece soruna yönelik çözüm için harekete geçilemez. Bu daha da fazla "çözüm" uygulanmasını gerekli hale getirir.

Eğer yapılan müdahale, gerek yıkıcı bir eylem gerekse basit ihmal yoluyla sistemin başlangıçta var olan kendini koruma becerisini zayıflatıyorsa bahsedilen tuzak gelişir. Eğer bu beceri körelirse istenen etkinin oluşması için daha çok müdahale gerekli olur. Bu sistemin becerisini daha da zayıflatır. Müdahaleci boşluğu doldurur. Ve böylece devam eder.

Bir kişi neden tuzağa yakalanır? Birincisi, müdahaleci azıcık yardım etme dürtüsünün giderek artan ve sonunda müdahelecinin kapasitesini zorlayacak bir bağımlılığa yol açacak olaylar zincirini başlatabileceğini öngöremeyebilir. Amerikan sağlık hizmetleri sistemi bu olaylar silsilesinin zorlayıcı etkilerini deneyimlemektedir.

İkinci olarak, yardım edilen kişi veya kurum, yükü becerikli ve güçlü bir müdahaleciye kaydırma fırsatının uzun dönemde kontrolün kaybı ve artan kırılganlığı da beraberinde getireceğini düşünemeyebilir.

Eğer müdahale bir ilaç ise, bağımlı hale gelirsiniz. Bağımlılık yapan eyleme kapıldıkça daha da kapılırsınız. Bağımlılık için "Adsız Alkolikler"in kullandığı bir tanım; aynı ahmak davranışı tekrar tekrar yapmak ve bir şekilde farklı sonuçlar beklemektir.

Bağımlılık, sorunun *belirtisine* yönelik çabucak gelişigüzel bir çözüm bulmaktır. Bu da kişiyi gerçek problemi çözmek üzere daha zor ve uzun zaman alacak işleri yapmaktan alıkoyar veya uzaklaştırır. Bağımlılık yapan politikalar çok sinsidir çünkü pazarlanmaları kolaydır ve basit olmaları nedeniyle hemen beğenilirler.

Zararlılar ürünleri tehdit mi ediyor? Zararlı istilasına neden olan tarım yöntemlerini, tek tip tarımı, doğal ekosistem kontrollerinin yarattığı yıkımı incelemek yerine sadece böcek ilacı kullanın. Bu böcekleri uzaklaştıracaktır ve daha fazla tek tip tarıma imkan verecek, ekosistemin daha fazla yıkımına neden olacaktır. Böceklerin gelecekte daha fazla ilaç gerektirecek şekilde daha büyük istilalarla geri gelmesine neden olacaktır.

Petrol fiyatı yükseliyor mu? Yenilenemez kaynağın kaçınılmaz tükenişini kabullenmek, yakıt verimliliğini artırmak veya başka yakıtlara kaymak yerine fiyatı *sabitleyebiliriz.* (Hem Sovyetler Birliği hem de Amerika Birleşik Devletleri 1970'lerdeki petrol-fiyat krizlerine ilk tepki olarak bunu yaptılar. Bu şekilde hiçbir şey olmuyormuş gibi davranmaya ve petrol kullanmaya devam edip, tükenme problemini daha kötü hale getirebiliriz. Bu politika çöktüğünde, petrol için savaşa girebiliriz. Veya daha fazla petrol çıkartabiliriz. Bir şişe daha bulma ümidiyle evin altını üstüne getiren bir sarhoş gibi, sadece bir tane daha büyük petrol yatağı ararken, plajları kirletebilir ve el değmemiş son alanları istila edebiliriz.

Bir bağımlılığı yıkmak sancılıdır. Bu, eroin yoksunluğunun fiziksel acısı ya da petrol tüketimini azaltmak amacıyla fiyatı artırmanın ekonomik sıkıntısı ya da doğal avcı popülasyonları kendilerini toparlama sürecindeyken gerçekleşen böcek istilasının sonuçları da olabilir. Bağımlılığı bırakma, sonunda sistemin gerçek (ve genellikle çok bozulmuş) durumu ile yüzleşmek ve bağımlılık yüzünden ertelenmiş eylemleri hayata geçirmek anlamına gelir. Bazen bırakma kademeli olarak yapılabilir. Bozulmuş sistemi en az çalkantı ile toparlamak için ilk olarak bağımlılık oluşturmayacak bir politika devreye sokulabilir (bağımlının öz saygısını toparlamak için grup desteği, ev izolasyonu, yakıt tüketimini azaltmak için kilometre performansı yüksek arabalar, zararlılara karşı dayanıklılığı artırmak için polikültür ve dönüşümlü ürün). Bazen de alışkanlığı bir anda bırakıp acıyı çekmekten başka çıkış yolu yoktur.

Bağımlılıktan kurtulmak için bırakmanın güçlüklerini göğüslemeye değer ancak çok daha tercih edilecek olan daha en başta bağımlılıktan kaçınmaktır.

Sorun, müdahalenin *sistemin kendi yükünü omuzlama becerisini güçlendirecek* şekilde yapılmasıyla ortaya çıkmadan önlenebilir. Sistemin başının çaresine bakmasına yardımcı olan bu seçenek, sistemi devralıp yürütmeye göre çok daha

ucuz ve kolaydır – liberal politikacıların anlamadığı bir şey. İşin sırrı kahramanca kontrolü ele alarak değil bir dizi soru ile başlamakta.

- Neden doğal düzeltme mekanizmaları başarısız oluyor?
- Başarılarının önündeki engeller nasıl kaldırılabilir?
- Mekanizmalar, başarılı olmaları için nasıl daha etkili hale getirilebilir?

TUZAK: YÜKÜ MÜDAHALE EDENE KAYDIRMA

Yükü kaydırma, bağlılık ve bağımlılık, sistemik bir soruna yönelik çözümün bulguları hafiflettiği (ya da maskelediği) ama altta yatan sorunu çözecek hiçbir şey yapmadığı durumlarda oluşur. Seçilen ilaç, ister kişinin algısını körelten bir madde ister altta yatan sorunu gizleyen bir politika olsun, gerçek sorunu çözecek eylemleri engeller.

Eğer sorunu düzeltmek için tasarlanmış müdahale, asıl sistemin varlığını koruma kapasitesinin körelmesine veya aşınmasına sebep olursa yıkıcı pekiştirici bir döngü harekete geçer. Sistemin durumu kötüye gider, gitgide daha çok çözüm gereksinimi doğar. Sistem müdahaleye gitgide daha çok bağımlı hale gelir ve istenen durumunu sürdürme becerisi gitgide azalır.

ÇIKIŞ YOLU

Tekrar etmek gerekirse bu tuzaktan en iyi çıkış yolu, tuzağa girmekten kaçınmaktır. Bulguları hafifleten ya da işaretleri yadsıyan, gerçekten sorunun üzerine eğilmeyen politikalardan veya uygulamalardan sakının. Odağı kısa erimli rahatlatmalardan uzun erimli yeniden yapılandırmaya çevirin.

Eğer siz müdahale edenseniz sistemin kendi sorunlarını kendi çözme becerisini kazanacak ya da iyileştirecek şekilde çalışın ve ardından kendinizi çekin.

Eğer siz dayanılmaz bağımlılığa sahip olan kişi iseniz müdahaleyi ortadan kaldırmadan önce, sisteminizin kendine ait destekleyici becerilerini geliştirin. Bunu bir an önce yapın. Ne kadar uzun beklerseniz, bırakma süreci o kadar zor olacaktır.

Kural Çarpıtma

CALVIN: Pekala Hobbes, bir planım var.

HOBBES: Öyle mi?

CALVIN: Şu andan itibaren Noel'e kadar her gün kendiliğinden on tane iyilik yaparsam, Noel Baba'nın geçen yılın geri kalanını değerlendirmede daha hoşgörülü olması gerekecek. Yeni bir sayfa açtığımı iddia edebilirim.

HOBBES: Peki, işte sana bir şans. Susie bu tarafa geliyor.

CALVIN: Belki yarın başlarım ve günde 20 tane yaparım.

—*International Herald Tribune,* 1992[13]

Kuralların olduğu her yerde kural çarpıtma olasılığı vardır. Kural çarpıtma, sistem kurallarının amacını atlatmaya yönelik kaçamak eylemleri, kurallara özde değil sözde uymayı ifade eder. Kural çarpıtma ancak bir sistemde büyük bozulmalara, kurallar olmaksızın hiçbir anlam ifade etmeyen garip davranışlara neden olduğunda bir sorun haline gelir. Aslında kural çarpıtma eğer kontrolden çıkarsa sistemin çok zararlı davranışlar oluşturmasına neden olur.

Doğayı, ekonomiyi ve insan ruhunu bozan kural çarpıtma yıkıcı olabilir. Kural çarpıtmaya bazıları ciddi bazıları ise o kadar da ciddi olmayan örnekler:

- Hükümetlerin, üniversitelerin, kurumların departmanları sıklıkla mali yıl sonunda sadece paradan kurtulmak için anlamsız harcamalara girişirler çünkü bütçelerini bu yıl harcamazlarsa seneye daha az bütçe tahsis edilir.
- 1970'lerde Vermont eyaleti Yasa 250 olarak adlandırılan, on dönüm veya daha küçük parseller oluşturmak için karmaşık bir onay süreci gerektiren bir arazi kullanım yasasını kabul etti. Sonuç olarak, şimdi Vermont'ta büyüklüğü on dönümün biraz üzerinde olan çok fazla sayıda arazi var.
- Avrupa ülkeleri 1960'larda tahıl ithalatını azaltmak ve yerel tahıl üreticilerini desteklemek için yemlik tahıllara ithalat kısıtlamaları getirdi. Kısıtlamalar taslak haline getirilirken kimse aynı zamanda iyi bir hayvan yemi de olan manyok adı verilen nişastalı kök hakkında düşünmedi. Manyok kısıtlamalara dahil edilmedi. Böylece Kuzey Amerika'dan mısır ithalatının yerini Asya'dan ithal edilen manyok aldı.[14]
- ABD Nesli Tükenme Tehlikesi Altında Olan Türler Yasası, tehlikedeki türün yaşam alanı olan herhangi yerde imarı kısıtlar. Topraklarının tehlike altında tür barındırdığını fark eden bazı toprak sahipleri onları bilinçli olarak avlar ya da zehirler ki toprakları imara açılabilsin.

Kural çarpıtmanın kurala uyuluyormuş *görünümü* yarattığına dikkat edin. Sürücüler bir polis arabasının yakınındayken hız limitine uyar. Avrupa'ya artık yemlik tahıl ithal edilmiyor. Nesli tükenme tehlikesinde olan türlerin saptandığı alanlarda imarlaşma gerçekleşmiyor. Kanun sözde karşılanıyor ama özde karşılanmıyor. Bu, yasayı tüm sistem ile birlikte, sistemin öz düzenleme kaçamak olasılıklarını da düşünerek tasarlamak gerektiği ile ilgili bir uyarıdır.

Kural çarpıtma genellikle hiyerarşide alt kademelerin yukarıdan gelen aşırı katı, zararlı, kullanışsız veya iyi tanımlanmamış kurallarına bir cevaptır. Kural çarpıtmaya iki genel cevap vardır. Birisi, öz düzenleme yanıtını, kurallar veya onların uygulamalarını kuvvetlendirerek yok etmek – Bu genellikle daha büyük sistem bozulmalarına neden olur. Bu da yeniden tuzağa götüren yoldur.

Tuzaktan çıkış yolu, yani fırsat, kural çarpıtmayı yararlı bir geri besleme olarak anlamak ve kuralları gözden geçirmek, iyileştirmek, yürürlükten kaldırmak veya daha iyi açıklamaktır. Kuralları daha iyi tasarlamak, devreye girebilecek herhangi bir kural çarpıtmayı içerecek şekilde kuralların alt sistemlere etkisini mümkün olduğunca öngörebilmeyi ve kuralları sistemin öz düzenleme becerilerini olumlu yönde etkileyebilecek şekilde yapılandırmayı ifade eder.

TUZAK: KURAL ÇARPITMA

Bir sistemi yönetmeye yönelik kurallar, kural çarpıtmaya neden olabilir – Kurallara uyuyor veya hedeflere ulaşıyor görünümü veren ama aslında sisteme hasar veren sapkın davranış.

ÇIKIŞ YOLU

Kuralları, yaratıcılığı kuralları çarpıtma yönünde değil, kuralların amacına ulaşması yönünde ortaya çıkaracak şekilde tasarlayın ya da güncelleyin.

Yanlış Hedefi Kovalamak

> Hükümet, cuma günü özel sektörden ekonomistlerin aylardır söyleye durduklarını resmen kabul etti: Japonya bir yıl önce hükümet planlamacılarının belirlediği yüzde 3,5 oranındaki büyüme hedefine yaklaşamayacak...
>
> GSYİH 1991'de yüzde 3,5; 1990'da yüzde 5,5 büyümüştü.
>
> Bu finansal yılın başından beri... ekonomi durgun veya küçülmekte...
>
> Mademki bu öngörü... keskin bir şekilde düşürüldü, politikacı ve işletmelerin canlandırıcı önlemler almak için Ekonomi Bakanlığı üzerindeki baskısının büyümesi muhtemel.
>
> —*International Herald Tribune,* 1992[15]

Birinci Bölüm'de, bir sistemin davranışını etkilemenin en güçlü yollarından birisinin amaç ya da hedefi aracılığıyla olduğundan bahsetmiştim. Çünkü amaç; sistemin yön ayarlayıcısı, eylem gerektiren uyumsuzlukların tanımlayıcısı, uyum, başarısızlık veya başarıya yönelik hangi dengeleyici geri besleme döngülerinin işe yaradığının göstergesidir. Amaç kötü tanımlanmış ise ölçmesi bekleneni ölçmez, sistemin gerçek refah düzeyini yansıtmaz ise o zaman sistem muhtemelen istenen sonucu üretemez. Sistemler, geleneksel masaldaki üç dilek gibi sadece ve tam olarak onlardan istediğinizi üretme konusunda müthiş bir eğilime sahiptir. Ne üretmelerini istediğinize dikkat edin.

Eğer istenen sistem durumu ulusal güvenlik ve ulusal güvenliğin tanımı orduya harcanan para ise, sistem askeri harcama üretecektir. Bununla beraber ulusal güvenliği üretebilir veya üretemez. Aslında, eğer bu harcamalar yatırımları ekonominin diğer alanlarından çekiyorsa ve harcamalar fahiş, gereksiz veya kullanışsız silahlara yönelikse, güvenliğin altı oyulabilir.

Eğer istenen sistem durumu iyi eğitim ise bu hedefi öğrenci başına harcanan para ile ölçmek, öğrenci başına o paranın harcanmasını garanti eder. Eğitimin kalitesi standart testlerdeki başarım ile ölçülürse sistem standart testlerde başarım üretir. Bu ölçütlerin herhangi birisinin iyi eğitim ile bağıntılı olup olmadığı en azından düşünmeye değerdir.

Hindistan'da aile planlamasının ilk zamanlarında program hedefleri yerleştirilen RİA (rahim içi araç/spiral) sayısı ile tanımlanmıştı. Bundan dolayı doktorlar hedefe ulaşma hevesi ile hasta onayı olmadan spiralleri yerleştirdiler.

Bu, sistemleri yanlış hedef etrafında tasarlarken yapılan en önemli yanlışlardan birisini örnekliyor; çaba ile sonucunun karıştırılması. Bu türdeki belki en kötü yanlış GSYİH'nin ulusal ekonomide başarının ölçütü olarak benimsenmesidir. GSYİH, (gayri safi yurt içi hasıla) ekonomi tarafından üretilen nihai mal ve hizmetlerin para değeridir. İnsanların refah ölçütü olarak neredeyse icat edildiği andan itibaren eleştirilmektedir:

> Gayri safi yurt içi hasıla çocuklarımızın sağlığını, eğitimlerinin kalitesini veya oyunlarında neşeyi sağlamaz. Şiirlerimizin güzelliğini ya da evliliklerimizin sağlamlığını, kamuoyu tartışmalarımızdaki zekayı ya da kamu görevlilerimizin dürüstlüğünü kapsamaz. Ne cesaretimizi ne ince zekamızı, ne bilgeliğimizi ne bilgimizi, ne şefkatimizi ne de ülkemize sadakatımızı ölçer, kısacası hayatı yaşamaya değer kılanlar dışındaki herşeyi ölçer.[16]
>
> Ulusal ekonomiye hiçbir benzerliği olmayan bir ulusal muhasebe sistemimiz var. Çünkü bu sistem evdeki yaşantımızın bir kaydı değil de tüketimimizin ateş takip çizelgesi[17].

GSYİH iyileri ve kötüleri bir araya toplar. (Eğer daha fazla trafik kazası veya tıbbi fatura veya tamir faturası varsa GSYİH tırmanır.) Sadece pazarlanan malları ve hizmetleri hesaba katar. (Tüm aileler çocuklarını yetiştirmek için birilerini işe alsalardı GSYİH yükselirdi.) Dağılımsal eşitliği yansıtmaz. (Varlıklı bir ailenin pahalı ikinci evi, GSYİH'i yoksul bir ailenin basit evinden daha fazla yükseltir.) Başarıdan çok çabayı, etkinlikten çok brüt üretim ve tüketimi ölçer. Sekizde bir oranında daha az elektrik harcayarak aynı ışığı veren ve on kat daha uzun dayanan yeni ampuller GSYİH'i düşürür.

GSYİH gerçek zenginlik ve gerçek hazzın kaynağı olan evlerin ve arabaların ve bilgisayarların ve müzik setlerinin, sermaye birikiminin değil, *akışın* (bir yılda üretilen ve satın alınan malzeme akışlarının) bir ölçümüdür. İdeal toplumun, sermaye stoklarının korunabildiği ve en yüksek değil olabilecek en düşük akış ile kullanılabildiği toplum olacağı öne sürülebilir.

Büyüyen bir ekonomiyi istemek için her tür neden vardır, oysa GSYİH'nin yükselmesini istemek için özel bir neden yoktur. Bununla birlikte dünyanın her yerinde hükümetler GSYİH'nin yalpalama sinyaline karşı, büyümeyi koruyacak çeşitli eylemlerle yanıt verir. Bu eylemlerin çoğu tamamen savurganlıktır, kimsenin özellikle istemediği şeylerin verimsiz üretimini teşvik edicidir. Ormanları aşı-

rı hasat etmek gibi bazı eylemler kısa dönemde ekonomiyi canlandırma uğruna, ekonominin veya toplumun veya çevrenin uzun dönemdeki yararını tehdit eder.

Bir toplumun hedefini eğer GSYİH olarak belirlerseniz, toplum GSYİH üretmek için elinden gelenin en iyisini yapacaktır. Bir hedef belirlemediğiniz ve refah, eşitlik, adalet veya verimlilik düzeyini düzenli olarak ölçüp rapor etmediğiniz sürece refah, eşitlik, adalet veya verimlilik üretmeyecektir. Eğer ülkeler kişi başına düşen en yüksek GSYİH için yarışmak yerine, en düşük çıktı ile kişi başına düşen en yüksek varlık stoku veya en düşük bebek ölümü veya en büyük politik özgürlük veya en temiz çevre veya zengin ve fakir arasındaki en az fark için yarışıyor olsalardı, dünya farklı bir yer olurdu.

Yanlış göstergeyi tutturmaya çalışmak veya yakalamaya çalışma kural çarpıtmanın neredeyse tam tersi bir sistem özelliğidir. Kural çarpıtmada, sistem rağbet görmeyen ya da kötü tasarlanmış bir kurala uyuyor izlenimi verirken aslında kurala uymaktan kaçınır. Yanlış hedefi kovalamada, sistem kuralı itaatkar şekilde takip eder ve onun belirlenmiş sonuçlarını üretir – bu esasen herkesin istediği şey de olmayabilir. 'Kurallar böyle olduğu için' ahmakça bir şeyin gerçekleştiğini gördüğünüzde yanlış hedefler problemi ile karşı karşıyasınız demektir. Kuralın etrafından dolaşma nedeniyle ahmakça bir şey olmuşsa kural çarpıtma probleminiz vardır. Aynı kural nedeniyle bu iki sistem çarpıklığı aynı anda gerçekleşiyor olabilir.

TUZAK: YANLIŞ HEDEFİ KOVALAMA

Sistem davranışı geri besleme döngülerinin hedeflerine özellikle duyarlıdır. Eğer hedefler (kurallara uyumun göstergeleri) yanlış veya eksik olarak belirlenirse sistem itaatkar şekilde esasen amaçlanmamış ve istenmeyen bir sonucu üretmek üzere çalışacaktır.

ÇIKIŞ YOLU

Sistemin gerçek refah düzeyini yansıtan gösterge ve hedefleri belirleyin. Çaba ile sonucu birbiriyle karıştırmamaya özellikle özen gösterin, yoksa sonuç değil çaba üreten bir sistem elde edersiniz.

Anlatı Arası • Yelkenli Tasarımının Amacı

Bir zamanlar insanlar yelkenli tekneleri milyon dolarlar veya milli zaferler için değil sadece eğlenmek için yarıştırıyorlardı.

Yarıştırdıkları tekneler zaten normal amaçlar için sahip oldukları, balıkçılık, taşımacılık ya da hafta sonlarında etrafta yelken yapmak amacıyla tasarlanmış teknelerdi.

Kısa sürede, rakiplerin hız ve manevra kabiliyeti açısından kabaca eşit olması halinde yarışın daha ilgi çekici geçtiği görüldü. Böylece uzunluk, yelken alanı ve diğer parametrelere göre değişik tekne sınıflarını tanımlayan ve yarışları aynı sınıftaki teknelerle sınırlayan kurallar gelişti.

Kısa sürede tekneler normal yelken yapmak için değil kuralların belirlediği kategorilerde yarışları kazanmak için tasarlanır oldu. Bir santimetre kare yelkene mümkün olan en yüksek hızlanma becerisini sıkıştırdılar ya da standart boyutlu bir dümenin oluşturacağı yükü olası en düşük seviyeye getirdiler. Bu tekneler tuhaf bir görünüme ve tuhaf bir kullanım şekline sahiptiler. Hiç balığa ya da bir pazar gezisine çıkmak isteyeceğiniz türden değillerdi. Yarışlar daha ciddi hale geldikçe kurallar daha katı ve tekne tasarımları da daha tuhaf hale geldi.

Artık yarış tekneleri son derece hızlılar, son derece hızlı tepki veriyorlar ve sefere çıkmaya neredeyse elverişsizler. Onları yönetecek atletik ve uzman bir mürettebata ihtiyaç var. Hiç kimse bir Amerika Kupası teknesini kurallar dahilinde yarışmak dışında bir amaç için kullanmayı düşünmez. Tekneler mevcut kurallar çerçevesinde o kadar optimize edilmişler ki tüm dayanıklılıklarını yitirmişlerdir. Kurallardaki herhangi bir değişiklik onları işe yaramaz kılabilir.

KISIM ÜÇ

DEĞİŞİM YARATMAK - SİSTEMLERDE VE FELSEFEMİZDE

ALTI

Kaldıraç Noktaları - Bir Sistemin Müdahale Yerleri

> IBM... 25000 yeni işten çıkarma ve araştırma harcamalarında büyük bir kesinti yapacağını duyurdu... Geliştirme amaçlı araştırma harcamaları gelecek yıl 1 milyar dolar azaltılacak... Yönetim kurulu başkanı John K. Akers... IBM'in araştırma konusunda hâlâ dünya ve endüstri lideri olduğunu ancak hizmet sektörünü kastederek, daha az sermaye gerektiren bunun yanında uzun erimde daha az kâr getirisi olan "büyümeye açık alanlara kaymanın" daha iyi olacağını söyledi.
>
> —Lawrence Malkin, *International Herald Tribune,* 1992[1]

O zaman, sistemlerin yapılarını istediklerimizden daha çok, istemediklerimizden daha az üretecek biçimde, nasıl değiştiririz? MIT'den Jay Forrester, kurumların sistem sorunları ile yıllarca çalıştıktan sonra; ortalama bir yöneticinin var olan sorunu çok açık biçimde tanımlayabileceğini, soruna neden olan sistem yapısını belirleyebileceğini ve kaldıraç noktaları için (sistemin içinde, küçük bir değişikliğin davranışta büyük bir değişime neden olabildiği yerler) nereye bakmak gerektiğini büyük bir doğrulukla öngörebileceğini söyler.

Kaldıraç noktası düşüncesi yalnızca sistem çözümlemeye özgü değildir – söylencenin içine gömülüdür: sihirli değnek, mucize ilaç, gizli geçit, büyülü şifre, tarihin akışını değiştiren tek bir kahraman, büyük engellerin içinden veya üzerinden neredeyse hiç çaba göstermeden geçen yol. Kaldıraç noktalarının varlığına inanmak dışında onların nerede olduğunu ve nasıl ele geçirebileceğimizi de bilmek isteriz. Kaldıraç noktaları güç noktalarıdır.

Ancak Forrester sözlerini şöyle sürdürüyor; bir sisteme derinlemesine dahil olmuş insanlar genellikle kaldıraç noktalarını nerede bulacaklarını sezgisel olarak bilseler bile, çoğunlukla sistemi *yanlış yönde* değiştirmek için zorluyorlar.

Bu ters sezginin klasik bir örneği, benim sistemlerin çözümlemesiyle tanışmamdır, yani Dünya modeli. İş adamları, devlet adamları ve bilim insanlarından oluşan uluslararası bir grup olan Roma Kulübü'nün; yoksulluk ve açlık, çevre yıkımı, kaynakların tükenmesi, şehirlerin bozulması ve işsizlik gibi büyük küresel sorunların birbirleriyle nasıl bir ilişki içinde olduğunun ve nasıl çözülebileceğinin gösterilmesini istemesi üzerine, Forrester bir bilgisayar modeli hazırladı ve net bir kaldıraç noktası buldu: Büyüme.[2] Yalnızca nüfus büyümesi değil, ekonomik büyüme. Büyümenin yararları yanında maliyetleri de var ve biz genellikle aralarında yoksulluk ve açlık, çevre yıkımı vb.lerinin olduğu bu maliyetleri hesaba katmıyor, tüm bu sorunları büyüme ile çözmeye çalışıyoruz! Yapılması gereken; çok daha yavaş büyüme, çok farklı türden bir büyüme ve bazı durumlarda hiç büyümeme veya küçülme.

Dünya liderleri neredeyse tüm sorunların yanıtı olarak ekonomik büyümeye odaklanmış durumdalar *ama tüm güçlerini yanlış yönde kullanıyorlar.*

Forrester'ın klasiklerinden bir diğeri de; 1969 yılında yayımlanan ve düşük gelirliler için konut desteğinin bir kaldıraç noktası olduğunu gösterdiği, şehir dinamikleri çalışmasıdır.[3] Konut destek projeleri ne kadar az olursa şehir için *o kadar iyidir* – hatta şehirdeki düşük gelirliler için bile. Model ulusal politika gereği düşük gelirliler için çok büyük konut projelerinin yapıldığı bir zamanda ortaya çıktı ve Forrester ciddiye alınmadı. Ancak daha sonra bu projelerin pek çoğu birbiri ardına yıkılmıştır.

Sezgilere ters – Forrester'ın karmaşık sistemleri tanımlamak için kullandığı sözcük budur. Kaldıraç noktaları genellikle sezgisel değildir. Veya öyle olduklarında da biz onları genellikle tersten kullanır, çözmeye çalıştığımız sorunu sistemik olarak daha kötüye götürürüz.

Karmaşık ve dinamik sistemlerde kaldıraç noktası bulmanın hızlı ve kolay bir yolunu bulamadım. Bana birkaç ay veya yıl verin, çözeyim. Ve acı deneyimlerden biliyorum ki bir sistemin kaldıraç noktalarını bulduğumda, sezgilere çok ters oldukları için neredeyse kimse bana inanmayacak. Özellikle bizim gibi, yalnızca karmaşık sistemleri anlamayı değil dünyanın daha iyi işlemesinin özlemini çeken kişiler için çok hayal kırıcı.

Küresel alışveriş düzenlemelerinin sonuçları ile ilgili bir toplantı sırasında, sistemin müdahale yerlerinin bir listesini önerdiğim an tam da böyle bir hayal kırıklığı anıydı. Bu listeyi size büyük bir alçak gönüllülükle öneriyor ve evrilmesi için yer açmak istiyorum. O gün ortaya çıkıveren şeyler, yıllar boyunca, pek çok akıllı insan tarafından yapılan çok farklı ve titiz çözümlemeden süzüldü. Ancak doğal olarak, karmaşık sistemler... karmaşıktır. Onlarla ilgili genelleme yapmak

tehlikelidir. Okumakta olduğunuz hâlâ süregiden bir çalışmadır, kaldıraç noktalarını bulmak için bir reçete değildir. Daha çok, sistem değişimi konusunda daha kapsamlı düşünmek için bir çağrıdır.

Sistemler karmaşıklaştıkça, davranışları çok şaşırtıcı olabilir. Vadesiz bir hesap düşünün. Ödeme yapıyorsunuz ve para yatırıyorsunuz. Küçük bir faiz akışı var (eğer hesapta yeteri kadar büyük bir birikiminiz varsa) ve banka ücretleri, hesabınızda para olmadığı durumda bir borç birikimi yaratacak biçimde, hesabınızdan çekiliyor. Şimdi hesabınızı diğer binlerce hesapla birleştirin ve bankanın sizin birleşmiş ve dalgalanan bu para yatırmalarınız üzerinden kredi yaratmasını sağlayın, bunun gibi binlerce bankayı merkez bankası sistemi oluşturacak biçimde birbirine bağlayın – böylece basit stok ve akışların, birlikte yapılandıklarında nasıl olup da hiç kolay anlaşılmayacak, oldukça karışık ve dinamik olarak karmaşık sistemler yarattıklarını görmeye başlarsınız.

Bu nedenle kaldıraç noktaları sıklıkla sezgisel değildir. Ve bu kadar sistem teorisi, listeye geçmek için yeterli.

12. Sayılar - Destekler, vergiler, standartlar gibi sabitler ve parametreler

Birinci Bölüm'deki temel stok-akış követini düşünün. Akışların büyüklüğünü belirleyen, sayılar ve bu sayıların ne kadar hızlı değiştirilebildiğidir. Belki musluğun çevrilmesi zordur, bu nedenle suyun açılması veya kapatılması fazlaca zaman gerektirir. Belki gider tıkalıdır ve musluğu ne kadar açık olursa olsun yalnızca küçük bir miktarın akmasına izin veriyordur. Belki musluk bir itfaiye hortumu gücünde akış sağlıyordur. Bu tür parametrelerin bazıları fiziksel olarak kilitli ve değişmezdir ancak çoğu değiştirilebilir, dolayısıyla gözde müdahale noktalarıdır.

Ulusal borcu düşünün. Tuhaf bir stok gibi görünebilir, bir para deliğidir. Deliğin derinleşme hızına yıllık açık denir. Vergilerden gelen gelir deliği daraltır, devlet harcamaları genişletir. Kongre ve başkan, zamanlarının çoğunu, deliğin büyüklüğünü veya derinliğini artıran (harcama) ve azaltan (vergi alma) pek çok parametre ile ilgili tartışarak geçirirler. Bu akışlar; bize yani oy verenlere bağlı oldukları için politika yüklü parametrelerdir. Ancak tüm bu patırtıya karşın, hangi parti yönetimde olursa olsun, para deliği geçen yıllar boyunca, farklı hızlarda da olsa derinleşmeyi sürdürmektedir.

Devlet, soluduğumuz havanın kirliliğini ayarlamak için çevre hava kalitesi standartları adında parametreler belirler. Elde yeteri kadar orman stoğu olması (veya kereste şirketlerine bir miktar para akışı) için, izin verilen yıllık kesim miktarlarını belirler. Kurumlar, en temel gösterge olan kâr küvetinden gözlerini ayırmayarak, ücret oranları ve ürün fiyatları gibi parametreleri ayarlarlar.

Her yıl koruma amaçlı bir yana ayırdığımız toprak. Asgari ücret. AIDS araştırmalarına veya gizli saldırı uçaklarına ne kadar harcama yaptığımız. Bankanın hesabımızdan çektiği hizmet bedeli. Tüm bunlar parametrelerdir, musluklara yapılan ayarlamalardır. Bu arada politikacılar da olmak üzere, insanları işten çıkarmak ve yenilerini işe almak da bu parametreler arasındadır. Muslukları farklı ellere vermek, muslukların dönme hızlarını değiştirebilir ancak onlar; aynı eski sistem içinde, aynı eski bilgi, amaç ve kurallara göre dönen, aynı eski musluklar olduğu sürece sistem davranışı pek fazla değişmez. Bill Clinton'ı seçmek George Bush'u seçmekten kesinlikle farklıydı ama her başkan aynı politik sistemin içinde olduğu sürece fark o kadar da büyük değil. (Bu sistemin içindeki para çıkışlarını değiştirmek çok daha büyük bir fark yaratacaktır – ancak bu listeye göre fazla hızlı gidiyorum.)

Güçlü müdahaleler listemde sayılar, akışların büyüklükleri en sondadır. Ayrıntılarla zaman kaybetmek, Titanik'in güvertesindeki sandalyeleri düzenlemek gibi. İlgimizin herhalde yüzde 90'ı, hayır 95'i, hayır hayır yüzde 99'u parametrelere gider ama içlerinde pek bir kaldıraç yoktur.

Bu, parametreler önemsiz anlamına gelmez – kısa erimde ve akışın doğrudan içinde duran bir kişi için önemli olabilirler. İnsanlar vergiler ve asgari ücret gibi değişkenleri derinden önemsiyorlar ve onlar ile ilgili ateşli kavgalara giriyorlar. Ancak bu değişkenleri değiştirmek *ender olarak ulusal ekonomik sistemin davranışını değiştirir.* Sistem uzun zamandır durgunsa, parametre değişikliği ender olarak sistemi yeniden canlandırır. Eğer sistem çılgınca değişkense parametre değişikliği sistemi genellikle pek dengelemez. Eğer kontrol dışına çıkıyorsa onu yavaşlatmaz.

Seçim kampanyası bağışları için ne sınır koyarsak koyalım bu, politikayı temizlemiyor. Merkez bankasının faiz oranları ile oynayıp durması işletme döngülerini ortadan kaldırmadı. (Bu durumu, ekonominin iyi olduğu her zaman unutur ve kötü olduğu zamanlarda şaşırır ve sarsılırız.) On yıllardır dünyada hava kirliliği ile ilgili en sıkı standartları uygulayan Los Angeles'ın havası daha az kirli ama temiz değil. Polis harcamalarını artırmak suçu ortadan kaldırmıyor.

Birazdan parametrelerin kaldıraç noktası olduğu örnekler vermek üzereyim, o yüzden burada önemli bir uyarıda bulunmama izin verin. Parametreler, bu listede daha yukarıda olan maddelerden birini harekete geçirecek değerler aldıklarında kaldıraç noktası olurlar. Örneğin, faiz oranları veya doğum oranları pekiştirici geri besleme döngülerinin ne kadar artacağını belirlerler. Sistem amaçları büyük değişiklikler yaratabilecek parametrelerdir.

Bu tür kritik sayılar insanların düşündükleri kadar çok değildir. Sistemlerin çoğu kritik parametre aralıklarının çok uzaklarında kalacak biçimde evrilmiş veya tasarlanmışlardır. Çoğunlukla sayılar üzerlerinde uğraşmaya değmezler.

Bir arkadaşımın internet üzerinden bana gönderdiği, bu durumu gösteren şöyle bir öykü var:

> Ev sahibi olduğumda, istenecek "doğru" kiranın ne olması gerektiği konusunda çok fazla zaman ve enerji harcamıştım.
>
> Kiracılarımın göreceli gelirleri, kendi gelirim ve nakit akış gereksinimim, hangi harcamaların bakım hangilerinin yatırım harcaması olduğu, kredi ödemelerinin sermaye ve faiz bölümlerini, evin işçilik bedeli vb. olmak üzere tüm değişkenleri dikkate almaya çalıştım.
>
> Hiçbir yere varamadım. Sonunda parasal konularda danışmanlık yapan bir kişiye gittim. "Kiranın hakça olacağı kesin bir çizgi varmış ve bu çizginin üzerinde olursa kiracı, altında olursa da sen haksızlığa uğramış olacaksın gibi davranıyorsun. Aslında her ikinizin de iyi veya hiç değilse hakça bir anlaşma yapacağı, geniş bir gri alan var. Endişelenmekten vazgeç ve hayatına devam et."[4]

11. Tamponlar - Stabilize eden stokların akışlarına göre büyüklükleri

Giriş ve çıkış akışları yavaş olan kocaman bir küvet düşünün. Bir de çok hızlı akışları olan küçük bir küvet düşünün. İşte bu fark bir göl ile ırmak arasındaki farktır. Yıkım yaratan ırmak baskınlarını, yıkım yaratan göl baskınlarından çok daha fazla duyarsınız çünkü kendi akışlarına oranla daha büyük olan stoklar, küçük olanlara göre daha kararlıdır. Kimyada ve diğer alanlarda; büyük, stabilize eden stoklar, tampon olarak bilinir.

Tamponların stabilize etme gücü, cebinizdeki paranın değişim akışı ile yaşamaktansa paranızı bankada tutma nedeninizdir. Mağazaların, müşteri ürünü alıp kapıdan çıkar çıkmaz yeni ürün için siparişi vermek yerine envanter tutmalarının nedeni de budur. Soyu tehlikeye girmiş bir türün doğurgan nüfusunu en düşük düzeyden daha yüksekte tutmamız gerekmesi de aynı nedenledir. ABD'nin doğusundaki topraklar asit yağmuruna, batıdaki topraklara göre, daha duyarlıdır çünkü asidi etkisiz duruma getirecek büyük kalsiyum tamponları içermezler.

Genellikle bir tamponun kapasitesini artırarak bir sistemi stabil duruma getirebilirsiniz.[5] Ancak tampon aşırı büyük olursa sistem esnekliğini yitirir. Çok yavaş tepki verir. Ayrıca su depoları veya envanterler gibi bazı büyük tamponları kurmak ve sürekliliğini sağlamak çok masraflıdır. İşletmeler tam zamanında envanter yaklaşımını geliştirdi çünkü dalgalanmalardan veya başarısızlıklardan ara sıra etkilenmek; belli, sabit envanter maliyetlerinden (en azından onlar için) daha ucuza geliyordu ve neredeyse yok denecek kadar az envanter, değişen talebe daha esnek tepki vermeye izin veriyordu.

Tamponların büyüklüğünü değiştirmek, bazen olağanüstü bir biçimde kaldıraçtır. Ancak tamponlar genellikle fiziksel varlıklardır, kolay değiştirilemezler. Doğudaki toprakların asit soğurma kapasiteleri, asit yağmuru zararını azaltmak için bir kaldıraç noktası değildir. Bir barajın depolama kapasitesi tam anlamıyla betona çakılı kalmıştır. Bu nedenle tamponları listenin üst sıralarına koymadım.

10. Stok ve Akış Yapıları - Fiziksel sistemler ve onların kesişim noktaları

Tesisatın yapısının, yani stoklarının ve akışlarının ve fiziksel düzenlenmelerinin, sistemin çalışma biçimine çok büyük bir etkisi olabilir. Macaristan yol sisteminin, ülkenin bir yanından diğerine tüm trafiği merkezdeki Budapeşte'den geçirecek biçimde tasarlanması; kirlilik kontrol cihazları, trafik ışıkları veya hız sınırlamaları ile kolayca çözülemeyecek hava kirliliği ve ulaşım gecikmeleri ile ilgili pek çok şeyi belirlemişti.

Yetersiz tasarlanmış bir sistemi düzeltmenin tek yolu, yapabiliyorsanız onu yeniden kurmaktır. Rocky Mountain Enstitüsü'nden Amory Lovins ve ekibi, dirsekli boruları düzleştirerek ve çok küçük olanları büyüterek, enerji tasarrufunda mucizeler yarattı. ABD'de tüm yapılara böyle donanım iyileştirmeleri yapabilseydik, pek çok elektrik güç santralini kapatabilirdik.

Ancak genellikle, fiziksel yeniden yapılandırma, bir sistemde yapılabilecek en yavaş ve en pahalı değişikliktir. Bazı stok-ve-akış yapıları kesinlikle değiştirilemezler. ABD nüfusu doğum oranı artışındaki şişme önce ilkokul sisteminde baskı yarattı, sonra liselerde, sonra üniversitelerde, sonra iş ve ev bulmada ve şimdi de onların emekliliklerini destekliyoruz. Bununla ilgili yapılabilecek pek fazla şey yok çünkü öngörülebilir ve durdurulamaz biçimde, 5 yaşındakiler 6 ve 60 yaşındakiler 65 yaşında oluyorlar. Aynı şey, ozon tabakasındaki yıkıcı CFC moleküllerinin yaşam süreleri için, kirleticilerin yer altı suyu kaynaklarından temizlenme hızı için, verimsiz bir araç filosunun trafikte kalma süresinin 10 ile 20 yıl arasında olması gerçeği için de söylenebilir.

Fiziksel yapı bir sistem için çok önemlidir ancak nadiren bir kaldıraç noktasıdır çünkü değiştirilmesi nadiren hızlı ve basittir. Kaldıraç noktası işin başında uygun tasarımı yapmaktır. Yapı kurulduktan sonra kaldıraç; sınırlılıklarını ve darboğazlarını anlamak, en yüksek verimlilikte kullanmak ve kapasitesini zorlayacak dalgalanmalardan veya büyümelerden sakınmaktır.

9. Gecikmeler - Geçen sürenin sistem değişim hızlarına göre uzunluğu

Geri besleme döngülerindeki gecikmeler, sistem davranışının önemli belirleyicileridir. Dalgalanmaların ortak nedenleridir. Eğer hedefinize ulaşmak için bir stoku (deponuzun envanterini) ayarlamaya çalışıyorsanız ancak stokun durumu ile ilgili sadece gecikmiş bilgi alıyorsanız kah hedefinizi aşacak kah hedefinizin altında kalacaksınız. Aynı şey bilginin zamanında geldiği ancak tepkinizin zamanında olmadığı durumda da geçerlidir. Örneğin, hemen hemen 30 yıl çalışacak bir elektrik güç santralini yapmak yıllar alır. Bu gecikmeler, hızla değişen elektrik talebini karşılamak için tam da yeterli sayıda güç santrali yapmayı imkânsız kılar. Öngörmek için harcanan sonsuz çabaya karşın, dünyadaki elektrik endüstrilerinin neredeyse tamamı kapasite aşımı ile yetersiz kapasite arasında uzun dalgalanmalar yaşar. Bir sistemde uzun erimli gecikmeler varsa o sistem kısa erimli değişimlere cevap veremez. Bu nedenle, Sovyetler Birliği veya General Motors gibi çok büyük merkezi planlama sistemleri, yapıları gereği kötü çalışırlar.

Önemli olduklarını bildiğimiz için nereye baksak gecikmeleri görürüz. Örneğin; bir kirleticinin toprağa boşaltıldığı an ile yer altı suyuna sızması arasındaki gecikme veya bir çocuğun doğumu ile o çocuğun bir çocuk yapmak için hazır bir yetişkin olduğu zaman arasındaki gecikme veya yeni bir teknolojinin ilk başarılı denemesi ile o teknolojinin ekonominin tümüne yerleşmesi arasındaki gecikme veya fiyatın arz-talep dengesizliğine göre ayarlanması için gereken süre.

Geri besleme sürecindeki bir gecikme, *geri besleme döngüsünün denetlemeye çalıştığı stokların değişim hızlarına göre önem kazanır*. Çok kısa olan gecikmeler; aşırı tepki vermeye, "kuyruğunun peşinden koşmaya", tepkinin tedirginliği sonucu gittikçe artan dalgalanmalara neden olurlar. Çok uzun olan gecikmeler, ne kadar uzun olduklarına bağlı olarak; sönümlü, sürekli veya patlayan dalgalanmalara neden olurlar. Bir eşiği veya tehlike noktası veya geçildiğinde geri dönülemez zararın gerçekleşebileceği aralığı olan bir sistemdeki fazla uzun gecikmeler, hedef aşımı ve yıkıma neden olur.

Gecikmelerin genellikle kolaylıkla değiştirilemediği gerçeği olmasa, gecikme uzunluğunu yüksek kaldıraç noktası olarak listede yukarılara koyardım. Bir şey ne kadar zaman alması gerekiyorsa o kadar zaman alır. Büyük bir yapının yapım

süresi, bir çocuğun olgunlaşma süresi veya bir ormanın büyüme hızı ile ilgili çok da fazla bir şey yapamazsınız. Önlenemez geri besleme gecikmelerinin çok fazla sorun yaratmaması için *değişim hızını azaltmak* genellikle daha kolaydır. Bu nedenle kaldıraç noktaları listesinde, büyüme hızları gecikme sürelerinden daha yukarılardadır.

Ve bu nedenle Forrester'ın Dünya modelinde, ekonomik büyümeyi yavaşlatmak, daha hızlı teknolojik gelişme veya daha serbest piyasa fiyatlarına kıyasla daha iyi bir kaldıraç noktasıdır. Onlar ayarlama hızını artırma girişimleridir. Ancak dünyanın fiziksel altyapısı, fabrikaları, kazanları, çalışan teknolojilerinin somut dışa vurumları; yeni fiyatlar veya yeni fikirler için bile olsa, sadece belli bir hızda değişebilirler – fiyatlar ve fikirler de tüm bir küresel kültür boyunca bir anda değişmezler. Gecikmelerin ortadan kalmasını dilemektense sistemi teknoloji ve fiyatların ona yetişmesini sağlayacak biçimde yavaşlatmakta çok daha fazla kaldıraç etkisi vardır.

Ama sisteminizde *değiştirebileceğiniz* bir gecikme varsa, onu değiştirmek çok büyük etkiler yaratabilir. Aman dikkat! Onu doğru yönde değiştirdiğinizden emin olun! (Örneğin; finansal piyasalarda bilgi ve para aktarım gecikmelerini azaltmak için verilen büyük çaba, aslında azgın girdapları çağırmaktır.)

8. Dengeleyici Geri Besleme Döngüleri - Düzeltmeye çalıştıkları etkilere göre geri beslemelerin gücü

Artık sistemin fiziksel bölümünden, daha fazla kaldıraçın bulunabileceği, bilgi ve kontrol bölümlerine doğru geçmeye başlıyoruz.

Dengeleyici geri besleme döngüleri sistemlerin her yerinde bulunur. Doğa onları evirir ve insanlar, önemli stoklar güvenli sınırlar içinde kalsın diye onları yaratır. Termostat alışılmış bir örnektir. Amacı, "odanın sıcaklığı" adlı stoku istenen düzeye yakın bir düzeyde olabildiğince sabit tutmaktır. Her dengeleyici döngü; bir hedefin (termostat ayarı), amaçtan sapmayı fark edecek bir izleme ve sinyal verme cihazının (termostat) ve bir yanıt düzeneğinin (ısıtma veya klima, fanlar, pompalar, borular, yakıt vb.) varlığını gerektirir.

Karmaşık bir sistemin, genellikle, farklı koşullar ve etkiler altında kendini düzeltmek için devreye alabileceği pek çok dengeleyici geri besleme döngüsü vardır. Bunların bazıları –nükleer güç santralindeki soğutma sistemi veya beden sıcaklığınızı koruyabilmeniz için terleme veya titreme yeteneğiniz gibi– çoğu zaman etkin değildir ancak varlıkları sistemin uzun erimli refahı için çok önemlidir.

Yaptığımız büyük hatalardan biri, bu "acil" tepki düzeneklerini, sık kullanılmadıkları ve maliyetli göründükleri için çıkarıp atmaktır. Kısa erimde böyle yapmanın hiçbir etkisini görmeyiz. Uzun erimde, sistemin varlığını sürdürebileceği koşulların aralığını büyük ölçüde daraltırız. Bunu yapmanın en üzücü yollarından biri, soyu tehlikede olan türlerin yaşam alanlarının ele geçirilmesidir. Bir diğeri; kişisel dinlenme, dinlence, başkalarıyla ilişki kurma ve dalıp düşünme zamanlarımızın ele geçirilmesidir.

Bir dengeleyici döngünün gücü, yani atanmış olduğu stoku hedefine eşit veya yakın tutma becerisi; izlemenin doğruluğu ve hızı, tepkinin gücü ve hızı, düzeltici akışların yönü ve büyüklüğü gibi, tüm değişken ve bağlantılarınının bileşimine bağlıdır. Bazen buralarda kaldıraç noktaları olabilir.

Örneğin piyasaları ele alalım; pek çok ekonomist tarafından neredeyse tapılan dengeleyici geri besleme sistemleri. Gerçekten de fiyatların arz ve talebi yönlendirmesi ve dengede tutması ile, kendini düzeltmenin başyapıtları olabilirler. Üreticilere ve tüketicilere sinyal olarak verilen temel bilgi fiyattır. Fiyat ne kadar açık, kesin, zamanında ve doğru olursa piyasalar o kadar düzgün çalışır. *Tüm* maliyetleri yansıtan fiyatlar tüketicilere, gerçekte paralarının ne kadara yeteceğini söyleyecek ve verimli üreticileri ödüllendirecektir. Kurumlar ve devletler fiyat kaldıraç noktasını ölümcül düzeyde çekici bulurlar ancak sıklıkla; yardımlar, vergiler ve diğer kafa karışıklıkları biçimlerinde onu kararlı bir şekilde yanlış yöne iterler.

Bu değişiklikler, bilgiyi kendi yararlarına çevirerek piyasa sinyallerinin geri besleme gücünü azaltırlar. Buradaki *gerçek* kaldıraç onları böyle yapmaktan alıkoymaktır. Dolayısıyla rekabeti koruma yasalarına, reklamda doğruluk yasalarına, maliyetleri içselleştirme girişimlerine (kirlilik ücreti gibi), yanlış desteklerin kaldırılmasına ve piyasa oyun alanını ayarlayacak diğer yollara gereksinim vardır.

Tam maliyet muhasebesi gibi, piyasa sinyallerini güçlendirme ve görünür kılma konularında, bir başka dengeleyici geri besleme döngü takımının, yani demokrasinin döngülerinin zayıflaması nedeni ile, bugünlerde pek fazla yol alınamıyor. Bu koca sistem, insanlar ve devlet arasında kendini düzelten geri besleme sağlamak üzere yaratılmıştı. Seçtikleri temsilcilerin ne yaptıkları ile ilgili bilgilenmiş insanlar, bu temsilcileri göreve seçerek veya seçmeyerek tepkide bulunurlar. Süreç, seçmenler ile liderler arasında özgür, tam, tarafsız bilgi alışverişine dayanır. Bu temiz bilgi akışının sınırlanması, yanlılaştırılması ve baskılanması için milyarlarca dolar harcanıyor. Piyasa-fiyat sinyallerini bozmak isteyen insanlara devlet liderlerini etkileme gücünü verdiğinizde, bilginin dağıtıcılarına çıkarcı ortaklar olma izni verdiğinizde, gerekli dengeleyici geri beslemelerin hiçbiri düzgün çalışmaz. Hem piyasa hem demokrasi aşınır.

Bir dengeleyici geri besleme döngüsünün gücü, *düzeltmesi için tasarlandığı etkiye göre* anlamlıdır. Eğer etkinin gücü artarsa geri beslemeler de güçlendirilmelidir. Bir termostat sistemi soğuk bir kış günü iyi çalışabilir ama tüm pencereleri açın, artık düzeltme gücü sistemin içinde bulunduğu sıcaklık değişikliği ile başa çıkamaz. Demokrasi merkezi kitle iletişiminin beyin yıkama gücü olmadan daha iyi çalışır. Balıkçılık ile ilgili geleneksel denetimler, birkaç oyuncunun en son balığı da yakalaması için geliştirilen ses dalgalarıyla yer belirleme ve dolanan (drift) ağlar ve diğer teknolojilere kadar, yeterliydi. Büyük endüstrinin gücünü denetim altında tutmak için büyük devletin gücü gerekir, küresel bir ekonomi küresel denetimleri gerekli kılar.

Bir sistemin kendini düzeltme becerisini geliştirecek dengeleyici geri besleme denetimlerinin güçlendirilmesi ile ilgili örnekler aşağıdakileri içerir:

- bedenin hastalıkla savaşma yeteneğini destekleyecek önleyici tıp, egzersiz ve iyi beslenme
- ürün zararlılarının doğal avcılarını destekleyecek bütünleşik zararlı yönetimi
- devletin gizliliğini azaltmak için Bilgi Özgürlüğü Yasası
- çevre zararını raporlamak için izleme sistemleri
- ihbar edenler için koruma ve
- kişisel yararların dışlanmış toplumsal maliyetlerini geri almak için etki harçları, kirlilik vergileri ve kesin teminatlar

7. Pekiştirici Geri Besleme Döngüleri - Çalışan döngülerin artan gücü

Dengeleyici geri besleme döngüsü kendini düzeltir, pekiştirici geri besleme döngüsü kendini pekiştirir. Çalıştıkça, çalışmak için daha fazla güç kazanır, sistem davranışını bir yöne sürer. Ne kadar çok insan nezle olursa, diğer insanlara o kadar fazla bulaşır. Ne kadar çok bebek olursa, o kadar çok bebek yapacak insan büyür. Bankada ne kadar çok paranız varsa o kadar çok faiz kazanırsınız, böylece bankada daha fazla paranız olur. Toprak ne kadar fazla aşınırsa o kadar az bitki örtüsünü destekleyebilir, yağmuru ve yüzeysel akışı yavaşlatacak kök ve yaprak azaldıkça, toprak daha fazla aşınır. Kritik kütlede yüksek enerjili nötronlar arttıkça, çekirdeğe daha fazla çarparlar ve daha fazla yüksek enerjili nötron üretirler ve bu da nükleer patlamaya veya erimeye neden olur.

Pekiştirici geri besleme döngüleri sistemlerin büyümesinin, patlamasının, aşınmasının ve çökmesinin kaynağıdır. Denetimsiz bir pekiştirici döngüsü olan bir sistem önünde sonunda kendini yok eder. Bu nedenle az bulunurlar. Genellikle er ya da geç bir dengeleyici döngü etkisini gösterir. Bulaşıcı bir hastalık bulaşacak

kimse kalmayınca biter veya insanlar bulaşmayı önlemek için gittikçe daha sert önlemler alırlar. Ölüm oranı doğum oranına eşitleninceye kadar artar veya insanlar denetimsiz nüfus artışının sonuçlarını görürler ve daha az çocuk yaparlar. Toprak anakayaya kadar aşınır ve bir milyon yıl sonra anakaya ufalanarak yeni toprak oluşur veya insanlar aşırı otlatmayı bırakır, kontrol barajları kurar, ağaç diker ve aşınmayı durdurur.

Tüm bu örneklerde ilk sonuç; pekiştirici döngü kendi yolunda giderse ne olacağı, ikincisi ise gittikçe artan gücünü azaltmaya yönelik bir müdahale olursa ne olacağıdır. Pekiştirici döngünün yükselmesini azaltmak, yani büyümeyi yavaşlatmak, sistemlerde dengeleyici döngüleri güçlendirmeye göre genellikle çok daha güçlü bir kaldıraç noktasıdır ve pekiştirici döngünün çalışmasına izin vermekten çok daha iyidir.

Dünya modelinde nüfus ve ekonomik büyüme oranları kaldıraç noktalarıdır çünkü onları yavaşlatmak, teknoloji, piyasalar ve diğer uyum sağlama biçimleri yolu ile, pek çok dengeleyici döngüye çalışabilmeleri için zaman tanır. Bu, aracı çok hızlı sürerken, daha iyi tepki veren frenler veya direksiyon sisteminde teknik gelişmeler istemek yerine, aracı yavaşlatmakla aynı şeydir.

Toplumda; bir yarışmanın kazananlarını, sonraki turda daha da fazla kazandıracak kaynaklarla ödüllendiren pek çok pekiştirici geri besleme döngüsü vardır –"başardıkça gelen başarı" tuzağı. Zenginler faiz kazanırlar, fakirler faiz öderler. Zenginler vergileri azaltmak için muhasebecilerine ödeme, politikacılara baskı yaparlar, fakirler yapamazlar. Zenginler çocuklarına iyi eğitim verirler ve miras bırakırlar. Yoksullukla mücadele programları, bu güçlü pekiştirici döngüleri karşılamaya çalışan zayıf dengeleyici döngülerdir. Pekiştirici döngüleri zayıflatmaya çalışmak çok daha etkili olurdu. Artan oranlı gelir vergisi, miras vergisi ve kapsamlı ve kaliteli halk eğitim programlarının amacı budur. Eğer zenginler devleti bu önlemleri güçlendirmek yerine zayıflatmak için etkileyebilirse devletin kendisi dengeleyici bir yapıdan başardıkça gelen başarıyı pekiştirecek bir yapıya kayar!

Kaldıraç noktalarını; doğum oranları, faiz oranları, aşınma oranları, "başardıkça gelen başarı" döngüleri gibi, bir şeyden daha çok olmasının o şeyden daha da çok olma olasılığını yarattığı yerlerde arayın.

6. Bilgi Akışları - Bilgiye kimin ulaşıp kimin ulaşamayacağının yapısı

Dördüncü Bölüm'de Hollanda'da bir toplu konuttaki elektrik sayacının öyküsünü incelemiştik. Evlerin bazılarında sayaç bodrumda, diğerlerinde evlerin girişindeydi. Başka bir fark olmaksızın, sayacın girişte, kolay görünür bir yerde olduğu evlerde elektrik tüketimi %30 daha düşüktü.

Bu öyküyü, sistemin bilgi yapısında güçlü bir kaldıraç noktası örneği olması nedeni ile seviyorum. Bu bir değişken ayarlaması değil, var olan bir geri besleme döngüsünün güçlendirilmesi veya zayıflatılması değil. Daha önce geri besleme ulaşmayan bir yere geri besleme sağlayan yeni bir döngü.

Eksik bilgi akışları, sistemin aksamasının en yaygın nedenlerinden biridir. Bilgi eklemek veya yenilemek, güçlü bir müdahale olabilir ve genellikle fiziksel altyapıları yeniden kurmaya göre çok daha kolay ve ucuzdur. Dünya ticari balıkçılığını çökerten ortak kaynakların (malların) trajedisi, balık nüfusunun durumundan balıkçı teknelerine yatırım kararına çok az geri besleme olması nedeni ile gerçekleşiyor. Genel ekonomik görüşün tersine, balığın *fiyatı* bu geri beslemeyi sağlamıyor. Balıklar daha az bulunur oldukça, daha pahalı oluyor ve son birkaçını gidip yakalamak çok daha kârlı oluyor. Bu, uğursuz bir geri besleme, çöküşe götüren pekiştirici bir döngü. Gerekli olan, nüfus bilgisi, fiyat bilgisi değil.

Eksik geri beslemenin doğru yere ve ikna edici biçimde geri konması önemlidir. Ortak kaynakların (malların) trajedisine bir başka örnek: Bir yer altı suyu kaynağının tüm kullanıcılarına, yer altı su düzeyinin düşmekte olduğu bilgisini vermek yeterli değildir. Bu, kıyasıya bir yarış başlatabilir. Pompalama hızı yeniden dolma hızını geçmeye başladığında suyun ücretinin hızla artmasını sağlamak daha etkili olur.

İkna edici geri beslemelere başka örnekler bulmak zor değildir. Vergi verenlerin beyannameleri üzerinde vergi ödemelerinin hangi devlet hizmetleri için harcanabileceğini belirtmeleri gerektiğini varsayalım. (Kökten demokrasi!) Bir ırmaktan su alması gereken herhangi bir kent veya kurumun, su alma borusunu ırmağın *akışında aşağıya*, kendi atıksu çıkış borusundan hemen sonraya koyması gerektiğini varsayalım. Nükleer güç santraline yatırım yapma kararı veren herhangi bir kamu veya özel kurum yetkilisinin, o tesisten çıkan atığı kendi bahçesinde saklaması gerektiğini varsayalım. (Bu, eski bir örnek) Savaş ilan eden politikacıların o savaşı ön cephede geçirmeleri gerektiğini varsayalım.

İnsan türüne özgü, kendi kararları için sorumluluk almamaya yönelik sistematik bir eğilim vardır. Bu yüzden pek çok eksik geri besleme döngüsü bulunur – ve bu yüzden bu gibi kaldıraç noktaları sıklıkla kitleler tarafından beğenilir, güçlüler tarafından beğenilmez ve eğer güçlülerin izin vermesini sağlayıp (veya çevrelerinden dolaşıp) her durumda gerçekleştirmeyi başarabilirseniz etkili olurlar.

5. Kurallar - Teşvikler, cezalar, kısıtlar

Sistemin kuralları onun kapsamını, sınırlarını ve serbestlik derecesini tanımlar. Öldürmeyeceksin. Herkesin özgürce konuşma hakkı vardır. Anlaşmalar onur duymak içindir. Başkan dört yıllık dönemlerde seçilir ve iki dönemden fazla seçilemez. Bir takımda 9 kişi, her kaleye değmelisiniz, üç vuruş ve oyun dışındasınız. Banka soyarken yakalanırsanız hapse girersiniz.

Mikael Gorbaçov Sovyetler Birliği'nde iktidara geldi ve bilgi akışlarını açtı (glasnost) ve ekonominin kurallarını değiştirdi (perestroyka) ve Sovyetler Birliği çok büyük bir değişim geçirdi.

Anayasalar sosyal kuralların en güçlü örnekleridir. Termodinamiğin ikinci yasası gibi fiziksel yasalar, onları anlasak da anlamasak da, sevsek de sevmesek de mutlak kurallardır. Yasalar, cezalar, teşvikler ve resmi olmayan sosyal anlaşmalar birbirlerine göre giderek daha zayıflayan kurallardır.

Kuralların gücünü göstermek için öğrencilerimden bir üniversite için farklı kurallar tasarlamalarını isterim. Öğrencilerin öğretmenlere not verdiğini varsayın. Diplomaların olmadığını varsayın: Üniversiteye bir şey öğrenmek için geliyorsunuz ve öğrendiğinizde ayrılıyorsunuz. Profesörlerin görevinde kalıcılığının, akademik makale yayımlamaya değil gerçek dünya sorunları çözme becerilerine göre belirlendiğini varsayın. Bir sınıfın, kişiler olarak değil bir grup olarak notlandığını varsayın.

Yeniden yapılandırılmış kuralları ve bu kuralların altındaki davranışımızın ne olacağını tasarımlamaya çalıştıkça kuralların gücünü anlamaya başlarız. Kurallar yüksek kaldıraç noktalarıdır. Kurallar üzerindeki güç gerçek güçtür. Bu nedenle, Kongre yasaları çıkarırken lobiciler toplaşırlar ve bu nedenle, yasa yazmanın yasaları olan Anayasayı yorumlayan ve betimleyen Anayasa Mahkemesi'nin Kongre'den de fazla gücü vardır. Sistemin en derin aksaklıklarını anlamak istiyorsanız kurallara ve onlar üzerinde kimin gücü olduğuna dikkat edin.

Bu nedenle, yeni dünya ticaret sistemi bana anlatıldığında sistem sezgilerim alarm zilleri çalıyordu. Kuralları şirketler tarafından tasarlanmış, şirketlerin çıkarları için şirketler tarafından çalıştırılan bir sistem. Kuralları, toplumun diğer herhangi bir kesiminden gelen neredeyse tüm geri beslemeyi dışlıyor. Toplantılarının çoğu basına bile kapalı. (Hiçbir bilgi akışı, hiçbir geri besleme yok!) Ulusları, şirketlerin yatırımlarını çekebilmek için çevresel ve toplumsal korumaları zayıflatarak birbirleri ile rekabet etmeye, "kıyasıya yarış" pekiştirici döngülerine zorlamaktadır. "Başardıkça gelen başarı" döngülerini, kendilerini yok edecek kadar

muazzam güçler elde etmelerine ve çok büyük merkezi planlama sistemlerinin ortaya çıkmasına neden oluncaya kadar salıvermek için bir reçetedir.

4. Öz Düzenleme - Sistem yapısında ekleme, değişiklik veya geliştirme yapma gücü

Canlı sistemlerin ve bazı sosyal sistemlerin yapabildiği en çarpıcı şey, tümüyle yeni yapılar ve davranışlar yaratarak kendilerini tamamıyla değiştirmeleridir. Biyolojik sistemlerde bu güce evrim denir. İnsan ekonomilerinde teknik gelişme veya sosyal devrim denir. Sistem dilinde öz düzenleme denir.

Öz düzenleme bir sistemin bu listede alt sırada bulunan herhangi bir özelliğini –beyinler veya kanatlar veya bilgisayarlar gibi bütünüyle yeni yapılar ekleyerek– yeni dengeleyici veya pekiştirici döngüler veya yeni kurallar ekleyerek değiştirmek anlamına gelir. Öz düzenleme yeteneği sistem dayanıklılığının en güçlü biçimidir. Evrilebilen bir sistem, neredeyse tüm değişimleri kendini değiştirerek atlatabilir. İnsan bağışıklık sisteminin daha önce hiç karşılaşmadığı saldırılara yeni tepkiler geliştirme gücü vardır. İnsan beyni yeni bilgi alabilir ve bütünüyle yeni düşünceler ortaya çıkarabilir.

Öz düzenleme o kadar olağanüstü görünür ki onu gizemli, doğaüstü, imdada yetişen bir şey olarak düşünme eğiliminde oluruz. Ekonomistler sıklıkla teknolojiyi; yoktan var olan, hiçbir maliyeti olmayan, her yıl belli bir oranda ekonominin üretkenliğini artıran, büyü gibi bir şey olarak modellerler. Yüzyıllar boyunca insanlar doğanın görkemli çeşitliliğine aynı korkuyla karışık saygıyı göstermişlerdi. Böyle bir yaratımı yalnızca kutsal bir yaratıcı ortaya çıkarabilirdi.

Öz düzenleme sistemlerinin daha fazla araştırılması; eğer varsa, bu kutsal yaratıcının evrim mucizeleri üretmek zorunda olmadığını ortaya çıkarır. Öz düzenleme için çok akıllıca kurallar yazmış olması yeterlidir. Bu kurallar temel olarak hangi koşullar altında sistemin kendisine nasıl, nerede ve ne ekleyip çıkaracağını belirler. Yüzlerce öz düzenleme bilgisayar modelinin gösterdiği gibi, oldukça basit kurallardan karmaşık ve çok güzel örüntüler ortaya çıkabilir. Tüm biyolojik evrimin temeli olan DNA'nın genetik kodu, her biri 3 harflik sözcükler oluşturan yalnızca 4 farklı harf içerir. Çoğalma ve yeniden düzenlemenin bu örüntü ve kuralları, süregeldikleri yaklaşık 3 milyar yıl boyunca, akıl almaz çeşitlilikte, kendi kendine evrilmiş başarısız ve başarılı yaratığı ortaya çıkarmıştır.

Öz düzenleme temel olarak, epey yüksek çeşitlilikte bilgi stoğu içinden olası örüntülerin seçilebileceği bir evrimsel malzeme ve yeni örüntüleri seçmek ve sınamak için bir deneme yöntemi işidir. Biyolojik evrim için; ham madde DNA, çeşitliliğin kaynaklarından biri kendiliğinden değişinim (mutasyon) ve sınama

düzeneği ise bazı bireylerin içinde yaşayarak çoğalamayacakları değişen bir çevredir. Teknoloji için ham madde, uygulayıcılarının kitaplıklarında ve beyinlerinde biriken ve saklanan bilim anlayışı tabanıdır. Çeşitlilik kaynağı, insan yaratıcılığı (her ne ise) ve seçim düzeneği ise pazarın neyi ödüllendireceği veya devletlerin ve kuruluşların neye para vereceği veya insanın hangi gereksinimlerini karşılayacağıdır.

Sistem öz düzenlemesinin gücünü anladığınızda, neden biyolojistlerin, ekonomistlerin teknolojiye tapmalarından bile daha fazla, biyolojik çeşitliliğe taptıklarını anlamaya başlarsınız. Bilim insanlarının eğitim gördüğü bilim kitaplıklarının ve laboratuvarların ve üniversitelerin teknolojik potansiyelin kaynağı olması gibi, milyarlarca yıl boyunca evrilmiş ve birikmiş çılgın çeşitlilikteki DNA stoku da evrim potansiyelinin kaynağıdır. Canlı türlerinin yok olmasına izin vermek, belli bilim dergilerinin tüm kopyalarını veya belli bir grup bilim insanını rastgele yok etmek gibi bir sistem suçudur.

Tabii, milyarlar değilse de yüzbinlerce yıldır birikmiş davranış dağarcıklarının deposu olan insan kültürleri için de aynı şey söylenebilir. Onlar sosyal evrimin doğabileceği stoktur. Ne yazık ki insanlar, kültürlerin bu değerli evrimsel potansiyelini, dünyadaki tarla sincaplarının her kalıtım farklılığının değerini anladıklarından bile daha az önemsiyorlar. Sanırım bunun nedeni, hemen hemen her kültürün bir yandan kendi kültürünün mutlak üstünlüğüne olan inancı.

Tek bir kültür üzerinde direnme öğrenmeyi durdurur ve dayanıklılığı budar. Bu oldukça değişken gezegende; kendiliğinden evrilemeyecek kadar kabuk tutmuş, deney yapmayı sistematik biçimde hor gören ve yenilikçiliğin ham maddesini yok eden, biyolojik, ekonomik veya sosyal herhangi bir sistem, uzun erimde kötü yazgılıdır.

Buradaki müdahale noktası açıktır ama pek tutulmaz. Çeşitliliği ve deney yapmayı özendirmek "denetimi kaybetmek" anlamına gelir. Bin çiçek açsın ve artık *herhangi bir şey* olabilir! Bunu kim ister? İşi sağlama alalım ve biyolojik, kültürel, sosyal ve pazar çeşitliliğini yok ederek kaldıracı yanlış yöne itelim!

3. Hedefler - Sistemin amacı veya işlevi

Tam bu noktada, kontrol baskısının çeşitliliği yıkan etkisi, sistemin hedefinin öz örgütlenmeye göre neden daha iyi bir kaldıraç noktası olduğunu gösterir. Eğer amaç dünyanın gittikçe daha büyük kısmını belirli bir merkezi planlama sisteminin denetimi altına almaksa (Cengiz Hanın imparatorluğu, Kilise, Çin Halk Cumhuriyeti, Wal-Mart, Disney) o zaman listenin alt sıralarında olan her şey; fiziksel

stoklar ve akışlar, geri besleme döngüleri, bilgi akışları, hatta öz düzenleme davranışı bile bu amaca uymak için çarpıtılacaktır.

Bu nedenle ben genetik mühendisliğin "iyi" bir şey mi "kötü" bir şey mi olduğu ile ilgili tartışmalara giremem. Tüm teknolojilerde olduğu gibi bu onu kimin hangi amaçla kullandığına bağlıdır. Söylenebilecek tek şey; eğer kurumlar onu pazarlanabilir ürünler üretmek için kullanıyorsa bu, gezegenin şimdiye kadar gördüklerinden çok daha farklı bir amaç, çok daha farklı bir seçme yöntemi ve evrim için çok daha farklı bir yöndür.

Küçük tek döngülü örneklerimin gösterdiği gibi, sistemlerin içindeki dengeleyici döngülerin çoğunun; küvetteki suyu uygun düzeyde tutmak, oda sıcaklığını istenen değerde tutmak, envanter stoklarını yeterli düzeyde tutmak, barajın arkasında yeteri kadar su tutmak gibi kendi hedefleri vardır. Bu hedefler sistemin parçaları için önemli kaldıraç noktalarıdır ve çoğu insan bunun farkındadır. Odanın daha sıcak olmasını istiyorsanız termostatın ayarı müdahale noktasıdır. Ancak sistemin bütünü için daha büyük, daha az görünür, daha etkili kaldıraç hedefleri vardır.

Sistemin içindeki kişiler bile hizmet ettikleri sistemin genel hedefinin genellikle farkında değildir. Kurumların çoğu "kâr etmek" diyecektir ama bu yalnızca bir kural, oyunda kalmak için gerekli bir koşuldur. Oyunun özü nedir? Büyümek, pazar payını artırmak, dünyayı (müşterileri, tedarikçileri, düzenleyicileri) gittikçe daha fazla denetim altına almak, böylece işlemlerinin belirsizlikten daha fazla korunmasını sağlamak. John Kenneth Galbraith kurumların hedefinin her şeyi yutmak olduğunu çok önceden fark etmişti.[6] Bu kanserin de hedefidir. Aslında her canlı nüfusunun hedefidir. Ve bu yalnızca, bir güç döngüsü ile çalışan zıpçıktı bir varlığın dünyayı denetim altına almasına asla izin vermeyecek daha üst dengeleyici döngüler ile dengelenmediğinde kötüdür. Ekosistemlerde, popülasyonları dengede tutma ve evrilmenin, her popülasyonun sınırsız çoğalmasından daha baskın bir hedef olması gerektiği gibi, pazar rekabetini koruma hedefi de her bir kurumun rakiplerini yok etme hedefinden daha baskın olmalıdır.

Bir zaman önce bir sistemin oyuncularını değiştirmenin, oyuncular aynı eski sisteme uygun olduğu sürece, düşük düzeyde bir müdahale olduğunu söylemiştim. Bu kuralın dışında kalan durum en tepede, tek bir oyuncunun sistemin hedefini değiştirme gücünün olmasıdır. Sık olmasa da Dartmouth Üniversitesi'nden Nazi Almanya'sına; yeni bir liderin gelmesini, yeni bir hedef belirlemesini ve gayet akıllı, rasyonel yüzlerce veya binlerce veya milyonlarca insanı yeni bir yöne savurmasını şaşkınlıkla izledim.

Ronald Reagan'ın yaptığı şey buydu ve gerçekleşmesini izledik. Göreve gelmeden biraz önce bir başkan "Devletin sizin için ne yapacağını değil sizin devlet için ne yapabileceğinizi sorun." diyebilir ve kimse buna gülmezdi bile. Reagan art arda şunu söyledi; hedef halkın devlete yardım etmesi veya devletin halka yardım etmesi değil, devleti sırtımızdan atmaktı. Büyük sistem değişikliklerinin ve şirketlerin devlet üzerindeki gücünün artmasının onun bu söyleminin yanına kâr kalmasını sağlamış olabileceği düşünülebilir ve ben öyle düşünüyorum. Ancak ABD'deki, hatta dünyadaki kamusal söylemin Reagan'dan bu yana olan sugötürmez değişimi; yeni sistem hedefleri dile getirmenin, amaçlamanın, yinelemenin, yanında olmanın veya karşı durmanın etkin bir kaldıraç olduğuna tanıklık eder.

2. Paradigmalar - Hedefleri, yapısı, kuralları, gecikmeleri, değişkenleri ile sistemin içinden çıktığı düşünce yapısı

Jay Forrester'ın ünlü sistem sözlerinden bir diğeri şöyledir: Ülkenin vergi yasalarının nasıl yazıldığı önemli değildir. "Adil" vergi dağılımının ne olduğu ile ilgili toplumun kafasında ortak bir düşünce vardır. Yasalar ne derse desin gerçek vergi ödemeleri; adil yollarla veya çarpıtarak, karışıklaştırarak, aldatarak, muafiyetlerle veya indirimlerle, sürekli kurallara saldırarak bu kabul görmüş "adillik" düşüncesine doğru itilecektir.

Toplumun aklındaki ortak düşünce, açıkça söylenmemiş o büyük varsayımlar toplumun paradigmasını veya dünyanın nasıl çalıştığı ile ilgili en derin inançları oluşturular. Bu inançlar açıkça söylenmemiştir çünkü söylenmeleri gereksizdir, herkes zaten onları bilir. Para gerçek bir şeyi ölçer ve gerçek bir anlamı vardır; bu yüzden daha az para kazanan kişiler gerçek anlamıyla daha az değerlidir. Büyüme iyidir. Doğa, insan amaçlarına dönüştürülecek kaynakların bir stokudur. *Homosapiens* ile birlikte evrim durmuştur. Kişi bir yere "sahip" olabilir. Bunlar günümüz kültürünün yalnızca birkaç paradigma varsayımıdır ve bunların hiçbirinin zerre kadar bile apaçık olmadığını düşünen diğer kültürleri düpedüz şaşkına çevirmiştir.

Paradigmalar sistemlerin kaynaklarıdır. Onlardan, gerçekliğin doğası ile ilgili ortak sosyal anlaşmalardan; sistemin hedefleri ve bilgi akışları, geri beslemeler, stoklar, akışlar ve sistemlerle ilgili her şey ortaya çıkar. Hiç kimse bunu Ralph Waldo Emerson'dan daha iyi söylememiştir:

> Her ulus ve her insan kendisini, düşünce durumuna karşılık gelen bir nesnel gereç ile sarmalamıştır. Her biri birtakım kişilerin aklındaki düşünceler olan her doğru ve her yanlışın; nasıl toplumlara, evlere, şehirlere, dile, törenlere, gazetelere büründüğünü gözlem-

> leyin. Bugünün düşüncelerini gözlemleyin... kerestenin, tuğlanın, kirecin ve taşın, pek çok kişinin aklında egemen olan ana düşüncenin buyruğunda, uygun biçimlere nasıl döküldüğünü görün... Buradan da doğal olarak, denebilir ki düşüncelerin en küçük bir genişlemesi dış şeylerin çarpıcı biçimde değişmesine neden olacaktır.[7]

İlk çağlarda Mısırlılar piramitleri yaptılar çünkü ölümden sonra yaşama inanıyorlardı. Biz gökdelenler yapıyoruz çünkü şehir merkezlerindeki boşlukların aşırı derecede değerli olduğuna inanıyoruz. Gerek dünyanın evrenin merkezi olmadığını gösteren Kopernik veya Kepler olsun, gerek madde ve enerjinin birbirine dönüştürülebilir olduğunu varsayan Einstein olsun, gerek pazardaki tekil oyuncuların bencil eylemlerinin ortak iyi için kusursuzca biriktiğini öne süren Adam Smith olsun, sistemlere paradigmalar düzeyinde müdahale eden kişiler sistemleri bütünüyle dönüştüren bir kaldıraç noktasını bulmuşlardır.

Paradigmaların bir sistemle ilgili her şeyden çok daha zor değiştiğini, bu nedenle sıralamada üstten ikinci yerine en aşağıda olması gerektiğini söyleyebilirsiniz. Ama paradigma değişiklik sürecinde, fiziksel bir zorluk veya pahalılık ve hatta yavaşlık bile yoktur. Bir tek birey için milisaniye içinde olabilir. Gereken tek şey; zihinde anlık bir tıklama, bir anda aydınlanma, yeni bir bakış açısıdır. Toplumun bütünü ayrı bir konudur – paradigmalarının zorlanmasına herhangi bir şeyden daha fazla direnirler.

O zaman, paradigmaları nasıl değiştirirsiniz? Bilimdeki büyük paradigma kaymaları ile ilgili ufuk açıcı kitabı yazan Thomas Kuhn'un bu konuda söyleyeceği çok şey var.[8] Sürekli, eski paradigmaların kusurlarını ve başarısızlıklarını gösterirsiniz. Sürekli, yeni olan üzerinden, yüksek sesle ve güvenle konuşur ve davranırsınız. Toplumun güç odaklarının bulunduğu ve görünür yerlerine yeni paradigmaya sahip kişileri yerleştirirsiniz. Tepki verenlerle zaman kaybetmez, daha çok, değişim yapabilecek etkili kişilerle ve bu ikisinin ortasında kalan engin bir açık görüşlü insan grubuyla çalışırsınız.

Sistem modellemesi yapanlar, bizi sistemin dışına çıkardığı ve bütünü görmeye zorladığı için sistemin modelini kurarak paradigma değiştirdiğimizi söylerler. Böyle söylüyorum çünkü benim kendi paradigmalarım bu yolla değişti.

1. Paradigmaların Ötesi

Paradigma değişiminden de yukarıda bir başka kaldıraç noktası daha vardır. O da kendini paradigma alanından bağımsız tutmak, esnek kalmak, hiçbir paradigmanın "doğru" olmadığını, sizin kendi dünya görüşünüzü özenle biçimlendiren de dahil olmak üzere, her birinin, insan kavrayışının çok ötesinde uçsuz bucaksız ve şaşırtıcı bir evrenin son derece sınırlı bir algılanması olduğunu fark etmektir. Paradigmaların var olmasının da bir paradigma olduğunu içgüdü düzeyinde "bulmak" ve bunun kendisinin de bir paradigma olduğunu görmek ve tüm kavrayışın yıkıcı hoşluğunu kabul etmektir. Budistlerin aydınlanma adını verdikleri, bilmemenin içine kendini bırakmaktır.

Paradigmalara yapışıp kalmış insanlar –bu neredeyse hepimiz anlamına geliyor– düşündükleri her şeyin kesinlikle anlamsız olduğu engin olasılığa bir bakıyorlar ve hızla ters yöne pedal basıyorlar. Elbette herhangi bir dünya görüşünün hiçbir kesinliğinin olmadığı düşüncesinin içeriğinde; hiçbir güç, hiçbir denetim, hiçbir anlama, var olmak için bile herhangi bir neden yoktur ve çok daha az eylem vardır. Ancak bir an veya bir yaşam boyunca bu düşünceye kapılmayı başarmış kişiler, bunun kökten güçlenmenin temeli olduğunu bulmuşlardır. Eğer herhangi bir paradigma doğru değilse, amacınıza ulaşmanıza yardım edecek herhangi birini seçebilirsiniz. Bir amacı nereden bulacağınız konusunda fikriniz yoksa evreni dinleyebilirsiniz.

İnsanlar paradigmalar üzerindeki bu ustalıkla bağımlılıklarından kurtuluyor, sürekli huzur içinde yaşıyor, imparatorlukları yerle bir ediyor, kilit altına alınıyor veya diri diri yakılıyor veya çarmıha geriliyor veya vuruluyor ve binlerce yıl süren etkiler bırakıyorlar.

Sistemin müdahale edilecek yerlerinin listesini nitelendirmek için söylenebilecek çok şey var. Bu geçici bir liste ve sıralaması kaygan. Her maddenin, o maddeyi kaldıraç sıralamasında aşağıya veya yukarıya götürebilecek kural dışı örnekleri var. Bilinç altımda listeyi yıllardır süzüyor olmak, beni süper kadına dönüştürmedi. Kaldıraç noktası ne kadar yukarıda ise sistem onu değiştirmeye o kadar karşı koyar – bu nedenle toplumlar gerçekten aydınlanmış olanları silip atarlar.

Olağanüstü kaldıraç noktaları, nerede olduklarını ve hangi yöne itmemiz gerektiğini bilsek de kolay erişilebilir değildir. Ustalığın kolay bir yolu yoktur. Üzerinde çok çalışmalısınız. Bunun anlamı, bir sistemi titizlikle çözümlemek veya kendi paradigmalarınızdan titizlikle kurtulmak ve kendinizi, bilmemenin alçak gönüllülüğüne atmanız olabilir. Sonunda, öyle görünüyor ki ustalık, kaldıraç noktalarını itip durmaktan çok; stratejik olarak, derin bir anlam ile, çılgınca kendini bırakmak ve sistemlerle dans etmekle ilgilidir.

YEDİ

Sistemler Dünyasında Yaşamak

> Dünyamızla ilgili asıl sorun, onun ne akla uygun ne de akla uygun olmayan bir yer oluşudur. Sorun, akla uygunmuş gibi görünmekle beraber tam da öyle olmayışıdır. Hayat bir mantıksızlık değildir ve hatta mantıkçılar için bir tuzaktır. Sadece olduğundan biraz daha matematiksel ve düzenli görünmektedir.
>
> —G. K. Chesterton,[1] 20. yüzyıl yazarı

Endüstrileşmiş dünyada yetişmiş ve sistem düşüncesinin coşkusuna kapılmış kişiler genellikle korkunç bir hata yapma eğilimindedirler. Yüksek olasılıkla, sistem analizinde, karşılıklı bağlantılar ve karmaşada ve bilgisayarın gücünde, nihayet tahmin ve kontrolün anahtarını bulduklarını varsayarlar. Bu hata muhtemelen, endüstrileşmiş dünyanın düşünce yapısının, tahmin ve kontrol için bir anahtarın var olduğunu varsaymasından kaynaklanır.

İlk başta ben de öyle varsaymıştım. MIT adlı harika kurumda okuyan, hevesli sistem öğrencileri olarak hepimiz bunu varsaydık. Yeni merceğimizden gördüklerimizden büyülenerek, az çok masumca, birçok kaşifin yaptığını yaptık. Bulgularımızı abarttık. Bunu başkalarını aldatmak amacıyla değil ama kendi beklenti ve umutlarımızı ifade ederek yaptık. Bizim için sistem düşüncesi, zekice ve karmaşık bir zihin oyunundan çok daha fazlasıydı. *Sistemleri çalışır hale* getirecekti.

Hindistan'a giden geçidi arayan kaşiflerin, Hindistan yerine Batı Yarım Küre'ye gitmesi gibi, bir şey bulmuştuk ama o, bulduğumuzu sandığımız şey değildi. Aradığımızdan o kadar farklı bir şeydi ki onunla ne yapacağımızı bilmiyorduk. Sistem düşüncesini daha iyi kavramaya başladıkça, düşündüğümüzden çok daha büyük bir değere sahip olduğu ortaya çıktı ancak düşündüğümüz şekilde değildi.

Boyumuzun ölçüsünü ilk olarak, bir sistemin nasıl düzeltileceğini anlamakla o sistemin içine girip onu düzeltmeninin farklı şeyler olduğunu öğrendiğimizde aldık. "Uygulama" konusuyla ilgili birçok ciddi tartışma yaptık, bununla "yöneticiler, belediye başkanları ve daire başkanlarının tavsiyelerimizi nasıl uygulayacaklarını" kastediyorduk.

Gerçek şu ki *biz* bile kendi tavsiyelerimizi uygulamıyorduk. Bağımlılığın yapısı üzerine öğrenilmiş dersler verdik ve kahveden vazgeçemedik. Aşınan hedeflerin dinamikleri hakkında her şeyi biliyorduk ve kendi koşu programlarımızdaki hedefleri aşındırdık. Tırmandırma ve yükü kaydırma tuzaklarına karşı uyarıda bulunduk ama sonra bunları kendi evliliklerimizde yarattık.

Sosyal sistemler, kültürel düşünce örüntülerinin ve en derin insan ihtiyaçlarının, duygularınının, güçlü ve zayıf yanlarının dışa vurumudur. Bunları değiştirmek, "her şey hemen değişsin" demek ya da doğruyu bilen kişinin doğruyu yapacağına güvenmek kadar basit değildir.

Sonra başka bir problemle karşılaştık. Sistemlerle ilgili anlayışımız, daha önce anlamadığımız birçok şeyi anlamamıza yardımcı oldu, ancak *her şeyi* anlamamızı sağlamadı. Aslında en az cevapladıkları kadar yeni soru doğmasına neden oldular. İnsanlığın makrokozmoslara ve mikrokozmoslara bakmak için geliştirdiği diğer tüm lensler gibi bu da birçoğu harikulade yeni gizemler olan harikulade yeni şeyler ortaya çıkardı. Yeni aracımızın ortaya çıkardığı gizemler, özellikle insan zihninde, kalbinde ve ruhunda yatıyordu. İşte sistemlerin nasıl çalıştığına dair anlayışımız tarafından yönlendirilen sorulardan sadece birkaçı.

Sistemlerin anlaşılması... daha fazla soru doğurur!

Sistem düşünürleri, hiçbir şekilde bu tür soruları ne ilk soranlar ne de tek soranlardır. Soruları sormaya başladığımızda, tüm disiplinlerin, yazılı kayıtların ve tarihin benzer soruları sorduğunu ve bir dereceye kadar cevaplarını aldığını gördük. Araştırmamızda benzersiz olan, yanıtlarımız ve hatta sorularımız bile değildi. Mühendislik ve matematikten doğan, bilgisayarlarla uygulanan, mekanik düşünce yapısından türetilmiş ve tahmin ve kontrol arayışında olan sistem düşüncesi araçlarının, uygulayıcılarını –öyle inanıyorum ki amansız biçimde– insanlığın en derin gizemleriyle yüzleşmeye yönlendirmesiydi. Sistem düşüncesi, en kararlı teknokrata bile bu karmaşık sistemler dünyası ile geçinmenin teknokrasiden daha fazlasını gerektirdiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Kendini düzenleyen, doğrusal olmayan geri besleme sistemleri doğaları gereği tahmin edilemezdir. Aynı zamanda kontrol da edilemezler. Sadece en genel hatlarıyla anlaşılabilirler. Geleceği tam olarak öngörüp ona kusursuz bir şekilde hazırlanma hedefi gerçekleştirilemez. Karmaşık bir sisteme tam olarak yapmasını istediğiniz bir şeyi yaptırma hedefine, en iyi ihtimalle geçici olarak ulaşılabilir. Dünyamızı, indirgemeci bilimin bizi yönlendirdiği ve olmasını beklediğimiz şekilde asla tam olarak anlayamayız. Bilimin kendisi, kuantum teorisinden kaos matematiğine kadar, bizi indirgenemez belirsizliğe götürür. En önemsiz hedefler dışında herhangi bir hedefi optimize edemeyiz, hatta neyi optimize edeceğimizi

bile bilmiyoruz. Her şeyi takip edemiyoruz. Çok bilmiş bir fatih rolüyle yaklaşırsak doğayla, birbirimizle veya yarattığımız kurumlarla aramızda doğru ve sürdürülebilir bir ilişkinin yolunu bulamayız.

Bu noktada yeni bir bilgi geri beslemesi sistemin çok daha iyi davranmasını sağlayacaktır. Ancak karar vericiler gerçekten ihtiyaç duydukları bilgiye karşı dirençlidirler! Önemsemezler, inanmazlar ve nasıl yorumlayacaklarını bilmezler.

İnsanlar neden bilgiyi aktif olarak hep yaptıkları gibi sınıflandırır ve tararlar? Hangi bilgiyi alacaklarına ve hangisini reddeceklerine, neyi hesaba katacaklarına ve neyi göz ardı edeceklerine veya küçümseyeceklerine nasıl karar veriyorlar? Aynı bilgiye maruz kalan farklı insanlar nasıl farklı mesajlar alıyor ve farklı sonuçlar çıkarıyorlar?

Bu geri besleme döngüsü *o* değer doğrultusunda yönlendirilebilirse, sistem herkesin istediği sonucu üretecektir. (Daha fazla enerji değil, daha fazla enerji hizmeti. GSYİH büyüklüğü değil, malzeme yeterliliği ve güvencesi. Büyüme değil, ilerleme.) Kimsenin değerlerini değiştirmek zorunda değiliz, sadece sistemin gerçek değerler doğrultusunda işlemesini sağlamalıyız.

Değerler nedir? Nereden gelirler? Evrensel mi yoksa kültürel olarak mı belirlenmiştir? Bir kişinin veya bir toplumun "gerçek değerlere" erişmekten vazgeçmesine ve daha kötü seçeneklere *razı olmasına ne sebep olur? Ölçebileceğiniz niceliklerden ziyade, ölçemediğiniz nitelikleri esas alan bir geri besleme döngüsünü nasıl kurgulayabilirsiniz?*

İşte her açıdan bozuk görünen bir sistem. Verimsizlik, çirkinlik, çevresel bozulma ve perişan insanlar yaratıyor. Fakat onu kaldırıp atarsak, ortada sistem kalmayacak. Bundan daha ürkütücü bir şey olamaz. (Yazarken, Sovyetler Birliği'nin eski komünist sistemi aklıma geliyor ancak bu da olası tek örnek değil.)

Yaratmak için en düşük düzeyde düzen ve en yüksek düzeyde özgürlük içeren süreçler neden bu kadar korkutucu? Nasıl oluyor da dünyayı anlamanın yollarından birisi bu kadar yaygın olarak paylaşılıyor ve kurumlar, teknolojiler, üretim sistemleri, binalar ve şehirler o bakış açısı etrafında şekilleniyor? Sistemler kültürleri nasıl oluşturur? Kültürler sistemleri nasıl oluşturur? Bir kültür ve sistemin yetersiz olduğu anlaşıldığında, çöküş ve kaos yoluyla değişmeleri zorunlu mudur?

Bu sistemdeki insanlar, sistemdeki zararlı davranışlara katlanıyorlar çünkü değişimden korkuyorlar. Daha iyi bir sistemin mümkün olduğuna inanmıyorlar. İyileştirme talep etmeye veya iyileştirmeyi gerçekleştirmeye yetecek kadar güçlerinin olmadığını hissediyorlar.

İnsanlar güçsüz olduklarına neden bu kadar kolay ikna oluyor? Vizyonlarına ulaşma yeterlilikleri konusunda kendilerini nasıl bu kadar küçümser oldular? Neden değişiklik yapamayacaklarını söyleyen insanları, yapabileceklerini söyleyenlerden daha çok dinliyorlar?

Kimliklerini her şeyi bilen bir fatih rolüne dayandıran insanlar için, sistem düşüncesinin açığa çıkardığı belirsizliği kabul etmek zordur. Anlayamıyor, tahmin edemiyor ve kontrol edemiyorsan geriye yapacak ne kalıyor?

Ama sistem düşüncesi, kontrol yanılgısından kaynaklı körlüğümüz geçer geçmez, bizi pırıl pırıl halde ve apaçık bekleyen bambaşka bir sonuca yönlendirir. Farklı bir tür "yapma" yoluyla, yapacak bir yığın şey olduğunu söyler. Gelecek tahmin edilemez ama hayal edilebilir ve büyük bir özenle hayata geçirilebilir. Sistemler kontrol edilemez ancak tasarlanabilir ve yeniden tasarlanabilirler. Şurası kesin ki sürprizlerin olmadığı bir dünya bekleyemeyiz ancak sürprizleri bekleyebilir, onlardan öğrenebilir ve hatta onlardan faydalanabiliriz. Kendi isteğimizi bir sisteme dayatamayız. Sistemin bize anlattıklarına kulak verebilir, onun nitelikleri ile kendi değerlerimizin nasıl birlikte çalışarak, kendi arzumuzla ortaya koyabileceğimizden çok daha iyi bir sonucu doğurabileceğini keşfedebiliriz.

Sistemleri kontrol edemeyiz veya anlayamayız. Ama onlarla dans edebiliriz!

Bunu bir şekilde zaten biliyordum. Muhteşem güçlerle dans etmeyi; rafting yaparken, bahçecilikten, müzikle ilgilenirken ve kayak yaparken öğrenmiştim. Tüm bu uğraşlar, kişinin tamamen uyanık olmasını, tüm dikkatini toplamasını, tüm gayretiyle katılmasını ve gelen geri beslemelere yanıt vermesini gerektirir. Aynı gerekliliklerin entelektüel çalışma, yönetim, idare ve insanlarla iyi geçinmek için de geçerli olabileceği hiç aklıma gelmemişti.

Ama işte oradaydı, yaptığımız her bilgisayar modelinden ortaya çıkan mesaj buydu. Sistemler dünyasında başarılı bir şekilde yaşamak için hesaplama yeteneğimizden daha fazlasını kendimizden vermemiz gerekir. İnsanlığımızın tümünü; akılcılığımızı, doğruyu yanlıştan ayırma yeteneğimizi, sezgimizi, şefkatimizi, vizyonumuzu ve ahlakımızı gerektirir.[2]

Bu bölümü ve bu kitabı, karmaşık sistemleri modellerken ve modellemecilerle vakit geçirirken kavradığım en genel "sistem bilgeliklerini" özetlemeye çalışarak bitirmek istiyorum. Bunlar, sistem disiplinine o kadar derinden nüfuz eden, öğre-

tiler, kavramlar ve pratiklerdir ki bir kez uygulamaya başlayınca, kusurlu bile olsa, sadece kendi mesleğinizde değil, tüm yaşamda uygularsınız. Bunlar, geri besleme, doğrusal olmama ve kendi davranışlarından sorumlu sistemler fikrine dayanan bir dünya görüşünün davranışsal sonuçlarıdır. Dartmouth'daki o mühendislik profesörü, biz sistem çalışanlarının "farklı" olduğumuzu anlayıp nedenini merak ettiğinde, farklı buldukları bence bunlardı.

Bu liste muhtemelen halen tamamlanmadı çünkü hâlâ sistemler okulunda öğrenciyim. Ve sistem düşüncesine özgü bir liste değil; dans etmeyi öğrenmenin birçok yolu var. Ama bunlar, dans dersine başlangıç olarak, meslektaşlarımın yeni sistemlerle karşılaştıklarında bilinçli veya bilinçsiz olarak benimsediğini gördüğüm pratiklerdir.

Sistemin Nabzını Tutun

Bir sisteme herhangi bir şekilde dokunmadan önce nasıl davrandığını gözleyin. Bu bir müzik parçası veya akarsu hızı veya emtia fiyatında dalgalanma ise ritmini inceleyin. Sosyal bir sistemse nasıl çalıştığını gözlemleyin. Geçmişini öğrenin. Uzun süredir oralarda olan insanlardan neler olduğunu anlatmalarını isteyin. Mümkünse gerçek verilerden oluşan bir zaman grafiği bulun veya yapın, sistemdeki insanların hafızası, zamanlama söz konusu olduğunda genellikle güvenilir değildir.

Bu yöntem aldatıcı bir şekilde basittir. Alışkanlık haline getirene kadar, sizin kaç kez yanlış yapmanızı önlediğine inanamayacaksınız. Sistemin davranışlarıyla işe başlamak sizi teorilere değil gerçeklere odaklanmaya zorlar. Sizi, kendinize veya başkalarına ait inanç ve yanlış anlamalara kolayca düşmekten alıkoyar.

Şaşırtıcı derecede çok yanlış anlama olasılığı vardır. Mesela insanlar yağışların azaldığına yemin ederler, fakat verilere baktığınızda gerçekte değişkenliğin artmakta olduğunu görürsünüz – kuraklıklar daha sert, fakat sel baskınları da daha büyüktür. Sütün fiyatı gerçekte düşerken, fiyatının yükseldiği; reel faiz oranı gerçekte yükselirken, düştüğü; öyle olmadığı halde cari açığın GSYİH'ye oranının şimdiye kadar hiç olmadığı kadar yüksek bir oranda olduğu, bana yetkili ağızlar tarafından söylendi.

Sistemdeki çeşitli ögelerin, birlikte nasıl değiştiği veya değişmediğini gözlemlemek özellikle ilginçtir. İnsanların neler olduğuna dair geliştirdiği teorileri dinlemek yerine, gerçekte ne olduğuna bakmak birçok baştan savma nedensel hipotezi çürütebilir. New Hampshire eyaletindeki her seçmen, vergileri azaltmanın, kasabanın büyümesine pozitif katkısı olacağını düşünür. Fakat büyüme oranlarına

göre vergi oranlarını bir grafiğe koyduğunuzda, New Hampshire'da kışın gökyüzündeki yıldızlar kadar rastgele bir dağılım bulursunuz. Elle tutulur herhangi bir ilişki bulamazsınız.

Sistemin davranışlarıyla işe başlamak, kişinin düşüncelerini statik değil dinamik analize yönlendirir – sadece "Sorun nedir?" sorusu değil, aynı zamanda "Oraya nasıl geldik?", "Başka hangi davranış biçimleri mümkün?", "Yönümüzü değiştirmezsek, nereye varacağız?" ve sistemin güçlü yönlerine baktığımızda "Burada iyi giden neler var?" soruları da. Birkaç değişkenin geçmişinin zaman boyunca birlikte çizilmesi bize, yalnızca sistemde hangi ögelerin bulunduğunu değil, aynı zamanda bu ögelerin birbirleriyle nasıl bağlantılı olabileceklerini de göstermeye başlar.

Ve son olarak, geçmişe bakarak işe başlamak, hepimizin sahip olduğu yaygın ve dikkat dağıtıcı bir eğilim olan, problemi sistemin gerçek davranışı ile ele almak yerine gözde çözümümüzün uygulanmamış olması ile tanımlamamızı engeller. (Problem şu ki daha fazla petrol bulmamız gerekiyor. Problem şu ki kürtajı yasaklamamız gerekiyor. Problem şu ki yeteri kadar satış elemanımız yok. Problem şu ki bu şehre nasıl daha fazla yatırım çekebiliriz?) Aile içinde yaptığınız bir konuşmayı, iş yerindeki bir komite toplantısını veya medyada uzmanlar arasında yapılan tartışmaların herhangi birini dinlediğinizde, insanların, sistemin ne yaptığına veya neden yaptığına odaklanmadan hemen çözümün üzerine atladığını ve oluşturulan çözümlerin genellikle "tahmin, kontrol ve kendi isteğini dayatma" üzerine olduğunu görebilirsiniz.

Zihinsel Modellerinizi Gün Yüzüne Çıkarın

Yapısal diyagramlar çizip, sonrasında denklemler yazdığımızda, varsayımlarımızı görünür kılmak ve titiz bir şekilde ifade etmek zorunda kalırız. Sistem hakkındaki varsayımlarımızın her birini başkalarının (ve hatta kendimizin) görebileceği bir hale getirmeliyiz. Modellerimiz eksiksiz olmalı, mantıklı ve tutarlı olmalıdır. Varsayımlarımız artık, bir tartışmanın amacına uygun olarak bir şeyi varsaymak ve bir diğer tartışmanın amacı için çelişen başka bir şeyi varsaymak arasında kayıp duramaz – zihinsel modeller çok kaypaktır.

İyi bir alışkanlık olmasına rağmen, zihinsel modelinizi diyagramlar ve denklemlerle ortaya koymak zorunda değilsiniz. Bunu, kelimelerle, listelerle veya resimlerle ve neyin neye bağlı olduğunu düşündüğünüzü gösteren oklarla yapabilirsiniz. Bunu, herhangi bir biçimde, ne kadar çok yaparsanız, düşünüşünüz o kadar netleşecek, belirsizliklerinizi daha çabuk kabul edip hatalarınızı düzeltecek ve daha esnek olmayı öğreneceksiniz. Zihinsel esneklik –sınırları yeniden çizme,

sistemin yeni bir moda geçtiğinin farkına varma, yapıyı nasıl yeniden tasarlayacağınızı anlama istekliliği– esnek sistemler dünyasında yaşarken bir zorunluluktur.

Her zaman, bildiğiniz her şeyin ve herkesin bildiği her şeyin sadece bir model olduğunu hatırlayın. Modelinizi görülebileceği bir yere götürün. Başkalarını varsayımlarınıza meydan okumaya ve kendi varsayımlarını eklemeye davet edin. Tek bir olası açıklamanın, hipotezin veya modelin savunucusu olmak yerine, olabildiğince çok model toplayın. Herhangi birisini elemenizi gerektirecek kanıtlar bulana kadar, hepsini olası olarak düşünün. Bu şekilde, kendi kimliğinizle iç içe geçmiş bir varsayımı dışlayan kanıtları içtenlikle görebileceksiniz.

Modelleri gün ışığına çıkarmak, onları olabildiğince titizlikle oluşturmak, kanıtlara karşı test etmek ve artık desteklenmiyorlarsa onları terk etmeye istekli olmak, bilimsel yöntemi uygulamaktan başka bir şey değildir. (Bu yaklaşım bilimde bile çok nadiren uygulanır; sosyal bilimlerde, yönetimde, kamu yönetiminde veya günlük yaşamda ise neredeyse hiç uygulanmaz.)

Bilgiye Değer Verin, Saygı Gösterin ve Bilgiyi Paylaşın

Bilginin, sistemleri nasıl bir arada tuttuğunu ve geciken, hatalı, seyrek veya eksik bilginin geri besleme döngülerinin işlevini nasıl bozabileceğini gördünüz. Karar vericiler sahip olmadıkları bilgiye yanıt veremezler, yanlış bilgiye doğru yanıt veremezler ve geç kalan bilgiye zamanında yanıt veremezler. Sistemlerde yanlış giden şeylerin çoğunun yanlı, gecikmiş veya eksik bilgiler nedeniyle olduğunu tahmin ediyorum.

Yapabilseydim, on emre onbirinci bir emir eklerdim: *Bilgiyi çarpıtmayacak, geciktirmeyecek veya saklamayacaksınız.* Bilgi akışlarını kirleterek bir sistemi zıvanadan çıkartabilirsiniz. Bir sisteme daha zamanında, daha doğru ve daha eksiksiz bilgi vererek, sistemin şaşırtıcı bir kolaylıkla daha iyi çalışmasını sağlayabilirsiniz.

Örneğin, 1986'da, yeni Zehirli Emisyonların Envanteri Federal Yasası, ABD şirketlerinin her bir fabrikasından salınan tehlikeli hava kirleticilerin tamamını yıllık olarak rapor etmelerini zorunlu kıldı. Bilgi Edinme Özgürlüğü Yasası ile (sistem bakış açısı ile, ülkedeki en önemli yasalardan biri) bu bilgi kamuya açık bir belge haline geldi. Temmuz 1988'de, kimyasal emisyonlara ilişkin ilk veriler elde edildi. Bildirilen emisyon değerleri yasa dışı değildi ancak "ilk on yerel kirletici" listesi yapma eğiliminde olan uyanık muhabirler tarafından yerel gazetelerde yayımlandıklarında pek de iyi görünmediler. Olan bitenin hepsi bu kadardı. Hiçbir dava, emisyonu zorunlu olarak azaltma, para cezası, yaptırım yoktu. Ancak iki yıl içinde ülke çapında kimyasal emisyonlar (en azından rapor edilen ve muhtemelen gerçekte de) yüzde 40 daha azaldı. Bazı şirketler, daha önce paylaşılmayan bilgile-

rin artık açıklanması nedeniyle, emisyonlarını yüzde 90 oranında düşürmek üzere politikalar başlatıyorlardı.[3]

Bilgi güçtür. Güçle ilgilenen herkes bu fikri çok çabuk kavrar. Halka açık bilgi akışının büyük çoğunluğunu düzenleyen; medya, halkla ilişkiler çalışanları, politikacılar ve reklamcılar birçok insanın düşündüğünden çok daha fazla güce sahiptir. Bilgiyi filtreler ve yönlendirirler. Bunu genellikle kendi kısa erimli çıkarları için yaparlar. Sosyal sistemlerimizin bu kadar sık zıvanadan çıkmasına şaşırmamak gerekiyor.

Dili Özenli Kullanın ve Sistem Kavramlarıyla Zenginleştirin

Bilgi akışlarımız esas olarak kullandığımız dilden oluşur. Zihinsel modellerimiz çoğunlukla sözeldir. Bilgiyi onurlandırmak, her şeyden önce dil kirliliğinden kaçınmak –dili mümkün olan en yalın şekliyle kullanmak– anlamına gelir. İkinci olarak da karmaşıklık hakkında konuşabilmek için dilimizi genişletmek anlamına gelir.

Fred Kofman sistem günlüğüne şöyle yazmış:

> [Dil], bir şeyler hakkında konuşmaya başladığımızda, onun aracılığıyla, yeni anlayışları ve yeni gerçeklikleri yarattığımız bir araç olarak hizmet eder. Aslında gördüklerimiz hakkında konuşmayız; sadece hakkında konuşabileceklerimizi görürüz. Dünyaya bakış açımız, sinir sistemimiz ile dilimizin etkileşimine bağlıdır – her ikisi de dünyamızı algılamak için filtre görevi görür... Bir örgütün dili ve bilgi sistemleri, bir dış gerçekliği tanımlamanın nesnel araçları değildir – bunlar üyelerinin algılarını ve eylemlerini temelden yapılandırır. Bir [toplumun] ölçüm ve iletişim sistemlerini yeniden şekillendirmek, potansiyel etkileşimlerini en temel düzeyde yeniden şekillendirmektir. Dil... gerçekliğin ifadesi olarak... strateji, organizasyon veya... kültürden çok daha eskiden gelmektedir.[4]

Durmaksızın "üretkenlik"ten bahseden ancak "dayanıklılık" kelimesini zar zor anlayan ve ondan da az kullanan bir toplum, dayanıklı değil üretken hale gelecektir. "Taşıma kapasitesi" terimini anlamayan veya kullanmayan bir toplum, kendi taşıma kapasitesini aşacaktır. "Yeni iş alanları yaratmaktan", bu sanki sadece şirketlerin yapacağı bir şeymiş gibi bahseden bir toplum, bireylerinin büyük çoğunluğuna kendileri veya başkaları için iş yaratma konusunda ilham vermeyecek-

tir. Dahası çalışanlarının "kâr yaratmaya" olan katkısını takdir de etmeyecektir. Ve elbette "Barış Bekçisi" füzesinden veya "ikincil zarar"dan, "Nihai Çözüm"den veya "etnik temizlik"ten bahseden bir toplum, aslında Wendell Berry'nin "Tiranca" dediği şeyden bahsetmektedir.

> Benim izlenimim, belki yüz elli yıldır, dilde ya anlamın kaybolması ya da anlamın bozulmasında kademeli bir artış olduğudur. Ve inanıyorum ki dilin güvenilmezliğindeki bu artış, aynı dönemde, bireylerin ve toplulukların çözülmesinde görülen artışla paralellik gösteriyor...

Ve şöyle devam ediyor:

> Bu bozucu hesaba göre dil, neredeyse bütünüyle tanımlama gücünden yoksundur. Bunun nedeni belli bir şeyle ilişki kurmaktan özenle kaçınılarak kullanılmasıdır. İlgi; yüzdeler, kategoriler ve soyut fonksiyonlar üzerindedir... Dil, onu kullanan için desteklemek veya harekete geçmek için herhangi bir kişisel zemin tanımlamadığından, desteklenmesi veya harekete geçirilmesi gereken şey dil değildir. Tek pratik faydası, çoktan başlamış olan kapsamlı, kişisel olmayan bir teknolojik eylemi "uzman görüşü" ile desteklemesidir ... Bu zalim bir dildir: Tiranca.[5]

Dile saygı duymanın ilk adımı, onun olabildiğince somut, manalı ve gerçeğe uygun olmasını sağlamaktır – bu, bilgi akışlarını açık tutma işinin bir parçasıdır. İkinci adım dili, genişleyen sistem anlayışımızla tutarlı hale getirecek şekilde genişletmektir. Eskimoların kar için bu kadar çok farklı kelimeye sahip olmasının sebebi karı nasıl kullanacakları üzerinde çalışmış ve bunu öğrenmiş olmalarıdır. Karı bir kaynağa, dans edebilecekleri bir sisteme dönüştürdüler. Endüstri toplumları, sistemler ile ilgili kelimeleri edinmeye ve kullanmaya daha yeni başlıyor çünkü daha yeni yeni karmaşıklığa dikkat etmeyi öğreniyor ve onu kullanmaya başlıyor. *Taşıma kapasitesi, yapı, çeşitlilik* ve hatta *sistem*, daha zengin ve daha kesin anlamlara sahip olmaya başlayan eski kelimeler. Yeni kelimelerin icat edilmeye devam etmesi gerekiyor.

Yazı işleme için kullandığım yazılım, kendi kapsamlı sözlüğünün ilk halinde bulunmayan kelimeleri eklememe izin veren bir yazım denetimi özelliğine sahip. Bu kitabı yazarken eklemem gereken kelimeleri görmek ilginçti: *geri besleme, çıktı, hedef aşımı, öz düzenleme, sürdürülebilirlik.*

Dikkatinizi Önemli Olana Verin, Ölçülebilir Olana Değil

Sayılara takıntılı kültürümüz, bize ölçebileceğimiz şeyin ölçemediğimizden daha önemli olduğu fikrini aşıladı. Bu konuyu bir dakika düşünün. Bu, niceliği nitelikten daha önemli hale getirdiğimiz anlamına gelir. Eğer nicelik, geri besleme döngülerimizin hedeflerini oluşturuyorsa dikkatimizin, dilimizin ve kurumlarımızın merkezinde nicelik varsa kendimizi, miktar üretebilme becerimize bakarak motive ediyor, değerlendiriyor ve ödüllendiriyorsak o zaman sonuç nicelik olacaktır. Etrafınıza bakabilir ve yaşadığınız dünyanın en önemli özelliğinin nicelik mi yoksa nitelik mi olduğu hakkında kendi kararınızı verebilirsiniz.

Sistemleri modelleyenler olarak, modellerimize "ön yargı", "onur" veya "yaşam kalitesi" adlı değişkenler koyarak bilim dünyasındaki meslektaşlarımızın alaylarına birçok kez maruz kaldık. Bilgisayar programları sayısal girdi gerektirdiğinden, bu nitel kavramları ölçmek için niceliksel ölçekler oluşturmak zorunda kaldık. "Diyelim ki 'ön yargı' -10 ile +10 arasında ölçülsün; burada "0" size ön yargısız yaklaşıldığı ve -10 aşırı olumsuz ön yargının varlığı demektir ve +10 o kadar olumlu bir ön yargı var ki mükemmel olduğunuz düşünülüyor anlamına gelir. Şimdi, size '-2' veya '+5' veya '-8' ön yargısı değerleriyle yaklaşıldığını varsayalım. Bu yaklaşım, sizin işinizdeki performansınıza ne etki yapardı?"

Bir keresinde ön yargı ve performans arasındaki ilişkinin bir modele koyulması gerekti.[6] Çalışma, azınlık mensubu çalışanlarına nasıl daha iyi davranacaklarını ve onları kurumsal basamaklarda nasıl yukarıya taşıyacaklarını öğrenmek isteyen bir şirket içindi. Mülakat yapılan herkes, ön yargı ile performans arasında kesinlikle gerçek bir bağlantı olduğu konusunda hemfikirdi. Ne tür bir ölçekle ölçüleceği tamamen keyfi bir seçimdi -1'den 5'e veya 0'dan 100'e kadar olabilirdi – ama "ön yargıyı" bu çalışmanın dışında bırakmak, onu dahil etmeye çalışmaktan çok daha bilim dışı olurdu. Şirketteki çalışanlardan performansları ile ön yargı arasındaki ilişkiyi çizmeleri istendiğinde, şimdiye kadar bir modelde gördüğüm en doğrusal olmayan ilişkilerden biriyle geldiler.

Bir şeyi ölçmek zorsa yokmuş gibi davranmak bizi hatalı modellere götürür. Hedefleri önemli olanın değil, kolaylıkla ölçülebilenin etrafında belirlemekten kaynaklanan sistem tuzağını zaten gördünüz. O yüzden bu tuzağa düşmeyin. İnsanlar sadece sayma yeteneğine değil, aynı zamanda bir şeyin niteliğini değerlendirme yeteneğine de sahiptir. Nitelik bulucu olun. Niteliğin varlığını veya yokluğunu kaydeden yürüyen, gürültülü bir Geiger sayacı olun.

Bir şey çirkinse öyle olduğunu söyleyin. Eğer derme çatma, uygunsuz, orantısız, sürdürülemez, ahlaki olarak onur kırıcı, ekolojik açıdan verimsizleştiren veya insanı küçük düşürücü ise görmezden gelmeyin. "Bir şeyi tanımlayamıyorsan ve

ölçemiyorsan, önemsememe gerek yoktur" oyununa gelip vazgeçmeyin. Hiç kimse adaleti, demokrasiyi, güvenliği, özgürlüğü, dürüstlüğü veya sevgiyi tanımlayamaz veya ölçemez. Hiç kimse herhangi bir değeri tanımlayamaz veya ölçemez. Ama hiç kimse onlar adına konuşmazsa, sistemler onları üretmek üzere tasarlanmazsa, onlar hakkında konuşmazsak ve onların varlığına veya yokluğuna işaret etmezsek, varlıkları son bulacaktır.

Geri Besleme Sistemleri İçin Geri Besleme Politikaları Oluşturun

Başkan Jimmy Carter, geri besleme kavramları ile düşünme ve geri besleme politikaları oluşturma konusunda alışılmadık bir yeteneğe sahipti. Ne yazık ki, bunu, geri besleme anlamayan bir basına ve halka açıklamakta zorlandı.

Carter, petrol ithalatının arttığı bir dönemde, ABD petrol tüketiminin ithal edilmesi gereken kısmı ile orantılı bir benzin vergisi uygulaması önerdi. İthalat artmaya devam ederse vergi de artacak ve bu artış talep baskılanana, ikameleri ortaya çıkana ve ithalat azalana kadar devam edecekti. İthalat sıfıra düşerse vergi de sıfıra düşecekti.

Vergi yasası asla geçmedi.

Carter ayrıca Meksika'dan gelen yasa dışı göçmen akınıyla da baş etmeye çalışıyordu. Amerika Birleşik Devletleri ile Meksika arasında yaşam standartları ve fırsatlar açısından büyük bir uçurum olduğu sürece bu göç konusunda hiçbir şey yapılamayacağını öne sürdü. Sınır muhafızlarına ve duvarlara para harcamak yerine, Meksika ekonomisinin inşasına yardımcı olmak için para harcamalıyız ve göç durana kadar da bunu yapmaya devam etmeliyiz dedi.

Bu da asla olmadı.

Dinamik, kendini ayarlayan bir geri besleme sisteminin neden statik, taviz vermez bir politikayla idare edilemeyeceğini tahmin edebilirsiniz. Sistemin durumuna bağlı olarak değişen geri besleme politikaları tasarlamak daha kolay, daha etkili ve genellikle daha ucuzdur. Özellikle büyük belirsizliklerin olduğu yerlerde, en iyi politikalar yalnızca geri besleme döngülerini değil aynı zamanda üst-geri besleme döngülerini –döngüleri değiştiren, düzelten ve genişleten döngüler– de içerir. Bunlar, öğrenmeyi yönetim sürecine yerleştiren politikalardır.

Buna bir örnek, stratosferdeki ozon tabakasını korumak için yapılmış olan tarihi Montreal Protokolü'dür. 1987'de bu protokol imzalandığında, ozon tabakasına yönelik tehlikenin boyutu, incelmenin hızı veya farklı kimyasalların spesifik etkisi hakkında kesin bir bilgi yoktu. Protokol, en fazla zarar veren kimyasalların üretiminin ne kadar hızlı azaltılması gerektiğine dair hedefler koydu. Ancak

ozon tabakasındaki incelmenin beklenenden az ya da çok olması durumuna karşılık, düzenli olarak izlenmesi ve aşamalı azaltma programının güncellenmesi için uluslararası bir kongrenin yeniden toplanması gerekiyordu. Sadece üç yıl sonra, 1990'da, oluşan hasarın, 1987'de öngörülenden çok daha büyük gerçekleşmesi sebebiyle programın daha hızlandırılması ve daha fazla kimyasal eklenmesi gerekti.

Bu, öğrenmeyle yapılandırılmış bir geri besleme politikasıydı. Hepimiz zamanla işe yaramış olmasını umuyoruz.

Bütünün İyiliği İçin Çabalayın

Hiyerarşinin var olma sebebinin üst katmanlara değil, alt katmanlara hizmet etmek için olduğunu unutmayın. Sistemin bütününü görmezden gelerek, alt parçalarını veya alt sistemlerini geliştirmeyin. Kenneth Boulding'in zamanında söylediği gibi, asla optimize edilmemesi gereken bir şeyi optimize etme zahmetine girmeyin. Büyüme, istikrar, çeşitlilik dayanıklılık ve sürdürülebilirlik gibi bütünsel sistem özelliklerini –kolaylıkla ölçülsün ya da ölçülmesin– geliştirmeyi hedefleyin.

Sistemin Bilgeliğini Dinleyin

Sistemin kendi kendine işlemesine yardımcı olan kuvvetleri ve yapıları destekleyin ve güçlendirin. Bu kuvvetlerin ve yapılardan hangilerinin hiyerarşinin en alt katmanlarında olduğuna dikkat edin. Düşünmeden müdahale etmeyin ve sistemin varlığını koruma kapasitesini yok etmeyin. İşleri daha iyi hale getirmek için harekete geçmeden önce, mevcutta zaten orada olanın değerine dikkat edin.

Bir arkadaşım, Nathan Gray, bir zamanlar Guatemala'da bir yardım görevlisiydi. Bana, "iş yaratma" ve "girişimcilik yeteneklerini arttırma" ve "dış yatırımcıları çekme" niyetiyle gelen ajanslarla ilgili büyük hayal kırıklığını anlattı. Birlikte, sepetçilerden sebzecilere, kasaplardan şekerlemecilere kadar her türden küçük ölçekli işletmenin, girişimcilik yeteneklerini sergiledikleri başarılı bir yerel pazarın hemen önünden geçerlerdi. Nathan zamanını, pazardaki insanlarla konuşarak, onların hayatlarını ve işlerini öğrenmeye çalışarak, bu işletmelerin büyümesinin ve gelirlerinin artmasının önündeki engelleri anlamaya çalışarak geçirdi. En sonunda, ihtiyaç duyulan şeyin dış yatırımcılar değil, içerideki yatırımcılar olduğu sonucuna vardı. Uygun faizli küçük kredi imkânları ve okuma yazma, muhasebe dersleri, toplum için dışarıdan yatırımla bir fabrika veya montaj fabrikası kurulmasından çok daha fazla uzun erimli fayda sağlayacaktı.

Sistemde Sorumluluğun Nerede Olduğunu Belirleyin

Bu hem analiz hem de tasarım için bir kılavuzdur. Analizde, sistemin kendi davranışını nasıl yarattığının yollarını bulmaya çalışmak anlamına gelir. Sistemde bir tür davranışın başka bir tür davranışa göre daha çok ortaya çıkmasına sebep olan tetikleyici olaylara, dış etkenlere dikkat edin. Bu dış etkenler bazen kontrol edilebilir (bulaşıcı hastalık vakalarını azaltmak için içme sularında hastalık yapan mikropları azaltmak gibi). Ama bazen de kontrol edilemezler. Ve bazen dış etkenleri suçlamak veya kontrol etmeye çalışmak, kişinin, çok daha kolay bir iş olan sistemin içinde sorumluluğu artırma işini görmesini engeller.

"İçsel sorumluluk", sistemin, verilen kararların sonuçları hakkında, karar vericilere doğrudan, hızlı ve zorlayıcı bir şekilde geri besleme vermek için tasarlandığı anlamına gelir. Çünkü, uçağın pilot kabininde uçağı kullanan o pilot, içsel bir şekilde sorumludur. Verdiği kararlarının sonuçlarını doğrudan tecrübe edecektir.

Dartmouth Üniversitesi, ofislerde ve sınıflardaki termostatları bireysel ofisler ve sınıflardan alıp sıcaklık ayarlama kararlarını merkezi bir bilgisayarın kontrolüne verdiğinde içsel sorumluluğu azalttı. Bu, enerji tasarrufu önlemi olarak yapılmıştı. Hiyerarşide alt seviyede olan birisi olarak gözlemim, esas sonuç oda sıcaklıklarında çok daha büyük salınımların oluşmasıydı. Ofisim aşırı ısındığında termostatı kapatmak yerine, kampüsün diğer ucundaki bir ofisi telefonla aramak gerekiyordu, düzeltmeleri bazen saatler bazen günler alıyordu ve çoğu zaman aşırı düzeltme yapıldığı için başka bir aramaya gerek oluyordu. Bu sistemi, daha az yerine, daha fazla sorumlu hale getirmenin bir yolu, profesörlerin kendi termostatlarını kontrol etmelerine izin vermek ve kullandıkları enerji miktarını doğrudan onlara fatura etmek, böylece ortak malları (kaynakları) özelleştirmek olabilirdi.

Bir sistemi içsel sorumlulukla tasarlamak, örneğin, bir nehre atık suyunu bırakan tüm şehirlerin ve şirketlerin, giriş borularını çıkış borularına göre *akış aşağı* koymalarını zorunlu hale getirmek olabilir. Bu, ne sigorta şirketlerinin ne de kamu fonlarının, sigara içmekten veya motosiklet sürücüsünün kask kullanmadığı veya araba sürücüsünün emniyet kemerini takmadığı kazalardan doğan tıbbi masrafları ödemek zorunda olmaması anlamına gelebilir. Bu, Amerikan Kongresi'nin artık kendisinin muaf olduğu yasaları çıkartmaya yetkisinin olmayacağı anlamına gelir. (İşe almada pozitif ayrımcılık ve çevresel etki bildirimleri hazırlama gerekliliği dahil olmak üzere Kongre'nin kendisini muaf tuttuğu birçok kural vardır.) Savaş ilan eden yöneticilerin artık askerlerle birlikte savaşa gitmesi beklenmediğinden beri sistem büyük bir sorumluluk kaybetti. Bir düğmeye basıp –düğmeye basan kişinin verdiği zararı görmesinin bile mümkün olmadığı kadar– uzakta muazzam bir zarara sebep olmak mümkün hale geldiğinde, savaş daha da sorumsuz hale geldi.

Garrett Hardin, başkalarının kürtaj yapmasını engellemek isteyen kişilerin, kişisel olarak doğacak çocuğu büyütmeye istekli olmadıkları sürece, içsel sorumluluk almadıklarını öne sürdü![7]

Bu birkaç örnek, mevcut kültürümüzün, sistemden içinde eylem üretecek sorumluluğu beklemekte ne kadar az yol kat ettiğini ve sistemleri eylemlerinin sonuçlarını deneyimlemekle ilgili ne kadar yetersiz tasarladığımızı düşündürmek için yeterlidir.

Alçakgönüllü Olun - Öğrenci Kalın

Sistem düşüncesi bana sezgilerime daha fazla ve akılcı çıkarımlarıma daha az güvenmeyi, her ikisinden de olabildiğince destek almayı ama yine de her türlü sürprize hazırlıklı olmayı öğretti. Bilgisayarda, doğada, insanlar arasında, organizasyonlarda, sistemlerle çalışmak bana sürekli olarak zihinsel modellerimin ne kadar eksik olduğunu, dünyanın ne kadar karmaşık olduğunu ve ne kadar az bildiğimi hatırlatıyor.

Bir şeyi bilmediğinizde yapmanız gereken şey blöf yapmak ve donup kalmak değildir, öğrenmektir. Öğrenme yolunuz deneyseldir -veya Buckminster Fuller'ın dediği gibi; deneme ve yanılma, yanılma, yanılma yoluyla. Karmaşık sistemlerin olduğu bir dünyada, katı, değişmeyen yönergelerle işe girişmek uygun değildir. "Yoldan ayrılmamak", yalnızca doğru yolda olduğunuzu gerçekten bildiğinizde iyi bir fikirdir. Kontrol sizde olmadığında bile kontrol sizdeymiş gibi davranmak sadece hata yapmanın değil, hatalardan ders almamanın da reçetesidir. Öğrenirken en uygun yöntem, küçük adımlar, sürekli izleme ve nereye gittiği hakkında daha fazla bilgi edindikçe rotayı değiştirebilme isteğidir.

Bu çok zor. Hata yapmak ve daha da kötüsü onları kabul etmek demek. Bu, psikolog Don Michael'ın "hatayı kabullenme" dediği şeydir. Hatalarınızı kabullenmek çok fazla cesaret ister.

> Tüm gerçekler elimizdeymiş, tüm sorunlardan gerçekten eminmişiz, sonuçların ne olması gerektiğini/ne olabileceğini tam olarak biliyor ve en tercih edilen sonuçları elde ediyormuşuz gibi davranırsak... neler olduğunu veya neler olabileceğini; ne kendimiz öğrenebiliriz ne ortaklarımız ne de dahil olması gerekenler öğrenebilirler. Dahası karmaşık sosyal sorunları ele alırken, ne yaptığımızı biliyormuşuz gibi davranmak sadece güvenilirliğimizi azaltır... Kurumlara ve yö-

> neticilere güvensizlik artıyor. Belirsizliği kabul etme davranışının kendisi bu kötüye giden durumu tersine çevirmede büyük ölçüde yardımcı olabilir.[8]
>
> Hatayı kabullenmek, öğrenmenin şartıdır. Hatayı kabullenmek, doğru gitmesini beklediğiniz veya umduğunuz şeyle ilgili neyin yanlış gittiği bilgisinin peşinde koşmak, o bilgiyi kullanmak ve onu paylaşmak anlamına gelir. Hem hatayı kabullenme hem de yüksek seviyede belirsizlikle yaşamak kişisel ve aynı zamanda toplumsal kırılganlığımızı vurgular. Tipik olarak kırılganlıklarımızı kendimizden de başkalarından da gizleriz. Fakat... sorumluluğunu gerçekten kabul eden birisi olmak... bu toplumdaki çoğu insanın sahip olduğunun çok ötesinde bir kendini bilme ve kendine erişim gerektirir.[9]

Karmaşıklığı Kutsayın

Kabul edelim, evren karmakarışıktır. Doğrusal değildir, türbülanslıdır ve dinamiktir. Evren, bu durumdan başka bir duruma giderken zamanını, matematiksel olarak zarif bir dengede değil, geçiş davranışında geçirir. Kendi kendini düzenler ve evrilir. Çeşitlilik *ve* tekdüzelik yaratır. Dünyayı ilginç kılan da onu güzel yapan da ve çalışmasını sağlayan da budur.

İnsan zihninin, eğrilere değil düz çizgilere, kesirlere değil tam sayılara, çeşitliliğe değil tekdüzeliğe, gizeme değil kesin olan şeye karşı konulamaz bir yönelimi vardır. Fakat biz kendimiz karmaşık geri besleme sistemleri olarak evrilmiş, şekillendirilmiş ve yapılandırılmış olduğumuz için içimizde bunun tam zıddı eğilimlere sahip başka bir şey de vardır. Sadece bir parçamız, son zamanlarda ortaya çıkan bir parçamız, doğrusal çizgilerden ödün vermeden düz yüzeyli kutular halinde binalar tasarlıyor. Bir başka parçamız, doğanın en küçükten en büyüğe kadar her ölçekte, aldatıcı ayrıntılarla fraktallar halinde tasarladığını içgüdüsel olarak kabul ediyor. O parçamız, neredeyse etrafımızdaki dünyada gördüğümüz kadar karmaşık süslemelerle dolu; Gotik katedralleri ve İran halılarını, senfonileri ve romanları, Mardi Gras kostümlerini ve yapay zeka programlarını yapıyor.

Bizler, öz düzenlemeyi, düzensizliği, çeşitliliği ve farklılığı kutlayabilir ve teşvik edebiliriz ve bazılarımız bunu yapıyor. Hatta bazılarımız, bunu yapmak için bir ahlak kuralı bile oluşturuyor, Aldo Leopold'un toprak ahlakı konusunda yaptığı

gibi: "Bir şey, biyotik topluluğun bütünlüğünü, istikrarını ve güzelliğini koruma eğilimindeyse doğrudur. Aksi eğilimdeyse yanlıştır."[10]

Zaman Ufkunu Genişletin

İnsanlığın şimdiye kadarki en kötü fikirlerinden biri faiz oranıydı ve bu, geri ödeme süreleri ve iskonto oranları gibi daha fazla fikrin oluşmasına yol açtı. Bunların tümü, uzun erimi göz ardı etmek için akılcı ve nicel bir bahane sağladı.

Endüstri toplumunun resmi zaman ufku, bir sonraki seçimden sonra olacakların veya mevcut yatırımların geri ödeme döneminin ötesine geçmiyor. Çoğu ailenin zaman ufku, çocukların veya torunların yaşamları boyuncadır ki hâlâ endüstri toplumunun zaman ufkundan daha uzundur. Birçok Kızılderili kültürü, kendinden sonra gelecek yedinci kuşak üzerindeki etkilerinden aktif olarak bahseder ve kararlarında bu etkileri dikkate alırdı. İşlemsel zaman ufku ne kadar uzunsa hayatta kalma şansı da o kadar yüksek olur. Kenneth Boulding'in yazdığı gibi:

> Gelecek kuşakların bir kimliğinin olmadığı, geleceğe dair olumlu bakış açısını kaybetmiş bir toplumun aynı zamanda mevcut sorunlarla başa çıkma kapasitesini de zamanla yitirdiğini ve kısa sürede parçalandığını gösteren çok sayıda tarihsel kanıt vardır... Kuşlar gibi yaşamamız gerektiği görüşünün her zaman oldukça ferahlatıcı bir tarafı vardır ve belki de gelecek kuşak kavramı kuş beyinliler içindir; belki de hepimiz... dışarı çıkmalı ve keyifle bir şeyleri kirletmeliyiz. Ancak yarınları düşünme fikrinin eski bir destekçisi olarak bu çözümü tam olarak kabul edemiyorum...[11]

Katı bir sistem yaklaşımında, uzun erim kısa erim ayrımı yoktur. Farklı zaman ölçeklerindeki olaylar iç içe geçmiş durumdadır. Bugünün eylemlerinin bazı ani sonuçları var, bazı sonuçların ortaya çıkması da önümüzdeki onlarca yıla yayılıyor. Biz şimdi, dün, onlarca yıl önce ve yüzyıllar önce gerçekleşen eylemlerin sonuçlarını deneyimliyoruz. Çok hızlı süreçler ile çok yavaş süreçler arasındaki bağlantılar bazen güçlü, bazen zayıftır. Yavaş olanlar baskın olduğunda, hiçbir şey olmuyor gibi görünür; hızlı olanlar devraldığında ise, her şey nefes kesici bir hızla gerçekleşir. Sistemler her zaman büyük ve küçüğü, hızlı ve yavaş olanı bir araya getirir ve ayırır.

Zor, kıvrımlı, bilinmeyen, sürprizler ve engellerle dolu bir yolda yürürken, sadece başınızı öne eğip önünüzdeki bir sonraki adıma odaklanmak ahmaklıktır. Sadece uzaklara bakmak ve ayaklarınızın hemen altında ne olduğunu asla fark

etmemek de aynı derecede ahmaklıktır. Tüm sistemi, hem kısa hem de uzun erimi izlemeniz gerekir.

Disiplinlere Meydan Okuyun

Uzmanlaştığınız konuya, ders kitaplarının söylediklerine veya uzman olduğunuzu düşündüğünüz şeylere rağmen, sistem sizi nereye götürürse götürsün onu takip edin. Bunun disiplinlerin geleneksel sınırlarının ötesine geçeceği kesindir. Bu sistemi anlamak için, –bunlarla sınırlı kalmamakla birlikte– iktisatçılar, kimyagerler, psikologlar ve ilahiyatçılardan bir şeyler öğrenebilmelisiniz. Onların mesleki dilini iyi anlamanız, size söylenenleri birleştirmeniz, onların kendilerine özel bakış açılarından ne gördüklerini tarafsızca anlamanız ve bakış açılarının darlığı ve eksikliğinden kaynaklanan çarpıklıklardan kurtulmanız gerekecektir. Onlar sizin işinizi kolaylaştırmayacaklardır.

"Disiplinler arası" ifadesi genellikle olduğu gibi, farklı disiplinlerden insanları bir araya getirmek ve her birinin ayrı telden çalmasına izin vermek anlamına geliyorsa, sistemler bütününü görmek, "disiplinler arası" olmaktan fazlasını gerektirir. Disiplinler arası iletişim, ancak çözülmesi gereken gerçek bir sorun varsa ve farklı disiplinlerden temsilciler, kendilerini akademik olarak doğru olmaktan çok sorunu çözmeye adamışlarsa işe yarayacaktır. Temsilcilerin öğrenme durumuna girmeleri gerekecektir. Bilgisizliklerini kabul etmeleri ve sistemden ve birbirlerinden öğrenmeye istekli olmaları gerekecektir.

Yapılabilir. Gerçekleştiğinde oldukça heyecan vericidir.

Özen Sınırlarınızı Genişletin

Karmaşık sistemler dünyasında başarılı bir şekilde yaşamak, yalnızca zaman ufkunu ve düşünce ufkunu genişletmek anlamına gelmez; her şeyden önce, özen ufkunu genişletmek anlamına gelir. Elbette bunu yapmanın ahlaki nedenleri var. Ve eğer ahlaki argümanlar yeterli değilse sistem düşüncesi ahlaki olanları destekleyecek pratik nedenleri sağlar. Gerçek sistem karşılıklı bağlıdır. İnsan ırkının hiçbir parçası ne diğer insanlardan ne de küresel ekosistemden ayrıdır. Bu bütünleşik dünyada; ciğerleriniz kaybederken kalbinizin kazanması veya çalışanlarınızın kaybederken şirketinizin kazanması, Los Angeles'taki fakirler kaybederken Los Angeles'taki zenginlerin kazanması veya Afrika kaybederken Avrupa'nın kazanması veya küresel iklim kaybederken küresel ekonominin kazanması mümkün değildir.

Sistemlerle ilgili diğer her şeyde olduğu gibi, çoğu insan ahlaki ve pratik kuralları oluşturan karşılıklı bağlantıların sonuçta aynı ilkeler olduğunu zaten biliyor. Sadece bildiklerine kendilerini inandırmaları gerekiyor.

İyiliğin Aşınmasına İzin Vermeyin

"Düşük performansa sürüklenme" olarak adlandırılan sistem kalıp yapısının en zarar verici örneği, modern endüstri kültürünün ahlakın amacını aşındırdığı süreçtir. Tuzağın işleyişi çok bilindiktir ve işleyişine tanık olmak berbattır.

Kötü insan davranışının örnekleri, tipik olarak, medya tarafından göz önünde tutulur, büyütülür ve kültür tarafından onaylanır. Bu tam da bekleyeceğiniz şeydir. Sonuçta biz sadece insanız. İnsan iyiliğinin, çok daha fazla sayıdaki örnekleri zar zor fark edilir. Onlar "haber değil"dir. Onlar istisnadır. Böyle davranan bir aziz olmalıdır. Herkesin böyle davranmasını bekleyemezsiniz.

Ve böylece beklentiler düşer. İstenen davranış ile gerçek davranış arasındaki fark daralır. İdealleri onaylamak ve aşılamak için daha az eyleme geçilir. Toplumsal söylemler alaycılıkla doludur. Toplum liderleri gözle görülür şekilde, pişmanlık duymaksızın ahlak tanımazdır veya ahlaksızdır ve sorumlu tutulmazlar. İdealizm ile alay edilir. Ahlaki inanç ifadeleri şüphelidir. Toplum içinde nefret hakkında konuşmak aşk hakkında konuşmaktan çok daha kolaydır. Edebiyat eleştirmeni ve doğa bilimci Joseph Wood Krutch bunu şöyle ifade ediyor:

> Bu nedenle insan, sahip olduğu şey hakkında hiç bu kadar kayıtsız ya da aklına koyduğu şeyi yapma yeteneğinden hiç bu kadar emin olmamış olsa da aynı zamanda kendisinin ne olduğu hakkındaki değerlendirmesinin daha önce hiç bu kadar düşük düzeyde olmadığı da doğrudur. Biyolojinin ve psikolojinin, insanın zenginliğini yaratmasına ve kullandığı gücün ortaya çıkmasına olanak tanıyan bilimsel yöntemin aynısı ile, kendisini mazur göstermesine –ya da en azından eskiden benzersiz ve hatta herhangi bir şekilde gizemli görünen her şeyin mazur gösterilmesine– olanak sağladığına inanıyor... Gerçekten o, tüm serveti ve gücüne karşın, ruhen fakirdir.[12]

Düşük performansa kayma konusunda ne yapacağımızı biliyoruz. Kötü haberlere iyiden daha fazla önem vermeyin. Ve standartlarınızı hiçbir koşulda değiştirmeyin.

Sistem düşüncesi bize sadece bunu yapmamızı söyleyebilir. Kendisi yapamaz. Anlamak ve uygulamak arasındaki açığa geri döndük. Sistem düşüncesi kendi başına bu açığı kapatamaz ancak bizi analizin yapabileceklerinin sınırına ve sonra daha ötesine götürebilir – İnsanlık bilinciyle yapılabilecek ve yapılması gerekenlere.

Kısıtlayıcı etken: Belirli bir anda sistemin etkinliğini kısıtlayan sistem girdisi.

Öz düzenleme: Bir sistemin kendini yapılandırma, yeni bir yapı kurma, öğrenme veya farklılaşma yeteneği.

Pekiştirici geri besleme döngüsü: Büyüten veya artıran geri besleme döngüsü. "Pozitif geri besleme döngüsü" olarak da bilinir çünkü değişimin yönünü pekiştirir. Bunlar kısır veya verimli döngülerdir.

Sınırlandırılmış akılcılık: Sistemin bir parçasının içinde anlamlı ancak daha kapsamlı bir bağlamda veya daha geniş olan sistemin parçası olarak görüldüğünde akıllıca olmayan kararlara veya eylemlere yol açan düşünme biçimi.

Sistem: Genellikle "işlev" veya "amaç" olarak sınıflandırılan özgün davranışlar üreten bir örüntü veya yapı içinde tutarlı biçimde düzenlenmiş ve ilişkilendirilmiş ögeler veya parçalar grubu.

Stok: Bir sistemde zaman boyunca biriken malzeme veya bilgi.

Sistem İlkelerinin Özeti

Sistemler

- Bir sistem, ögelerinin toplamından daha fazladır.
- Sistemlerin içindeki pek çok karşılıklı bağlantı, bilgi akışları yolu ile çalışır.
- Bir sistemin en az görünür bölümü olan işlevi veya amacı, genellikle sistem davranışının en önemli belirleyicisidir.
- Sistemin yapısı sistem davranışının kaynağıdır. Sistem davranışı kendisini, zaman boyunca olaylar dizisi biçiminde gösterir.

Stoklar, Akışlar ve Dinamik Denge

- Stok, sistemin içinde değişen akışların geçmişinin belleğidir.
- Giriş akışlarının toplamı, çıkış akışlarının toplamından fazla olursa stok düzeyi yükselir.
- Çıkış akışlarının toplamı, giriş akışlarının toplamından fazla olursa stok düzeyi düşer.
- Çıkış akışlarının toplamı, giriş akışlarının toplamına eşit olursa stok düzeyi değişmez, dinamik dengede kalır.
- Bir stok, çıkış akışının azaltılması yanı sıra giriş akışının artması ile de artırılabilir.
- Stoklar; gecikmeler, tamponlar veya şok sönümleyiciler olarak rol oynarlar.

- Stoklar giriş ve çıkış akışlarının birbirlerinden ayrılmasına ve bağımsız olmalarına izin verir.

Geri Besleme Döngüleri

- Bir geri besleme döngüsü; bir stoktan çıkan nedensel bağlantıların, stok düzeyine bağlı kararlar veya kurallar veya fizik yasaları yoluyla, geri dönerek akış üzerinden stoku yeniden değiştirmesini sağlayan kapalı bir zincirdir.
- Dengeleyici geri besleme döngüleri; sistemlerde dengeleyici veya hedefe yönelen, hem kararlılığın hem de değişime direncin kaynağı olan yapılardır.
- Pekiştirici geri besleme döngüleri, kendini çoğaltarak zaman boyunca üstel büyümeye veya denetimsiz çöküşe yol açar.
- Bir geri besleme döngüsü tarafından gönderilen bilgi, fiziksel olmayan bir geri besleme bile olsa ancak gelecekteki davranışı etkileyebilir; var olan geri beslemeyi çalıştıran davranışı düzeltecek kadar hızlı bir sinyal gönderilemez.
- Stoku koruyan bir dengeleyici döngünün hedefi, o stoku etkileyen boşaltma veya giriş akışı süreçlerini karşılayacak uygunlukta belirlenmelidir. Yoksa geri besleme süreci hedefin altında kalır veya hedefi aşar.
- Benzer geri besleme yapıları olan sistemler benzer dinamik davranışlar üretir.

Baskınlığın -diğer döngüye- Kayması, Gecikmeler ve Salınımlar

- Sistemlerin karmaşık davranışları genellikle; geri besleme döngülerinin göreceli güçlerinin kayarak, önce bir döngünün daha sonra bir diğerinin davranışa yön vermesine neden olması ile ortaya çıkar.
- Bir geri besleme döngüsündeki gecikme büyük olasılıkla sistemin salınımına neden olur.
- Bir gecikmenin süresini değiştirmek sistem davranışında büyük bir değişikliğe neden olabilir.

Senaryolar ve Modellerin Sınanması

- Sistem dinamikleri modelleri olası gelecekleri keşfeder veya "eğer... ne?" soruları sorar.
- Model kullanışlılığı, çalıştırdığı senaryoların (kimse kesin olarak bilemeyeceği için) gerçekçi olmasına değil ancak gerçekçi bir davranış örüntüsü ile yanıt vermesine bağlıdır.

Sistemlerin Kısıtları

- Üstel büyüyen fiziksel sistemlerde, büyümeyi besleyen en az bir pekiştirici döngü ve hiçbir sistem sınırlı bir ortamda sınırsız büyüyemeyeceği için en az bir dengeleyici döngü vardır.

- Yenilenemez kaynaklar stok sınırlıdır.
- Yenilenebilen kaynaklar akış sınırlıdır.

Dayanıklılık, Öz Düzenleme ve Hiyerarşi

- Dayanıklılığın her zaman sınırları vardır.
- Sistemler yalnızca üretkenlik veya kararlılık için değil dayanıklılık için de yönetilmelidir.
- Sistemlerin genellikle öz düzenleme özellikleri vardır: kendilerini yapılandırabilme, yeni yapılar yaratma, öğrenme, farklılaşma ve karmaşıklaşma yeteneği.
- Hiyerarşik sistemler aşağıdan yukarıya evrilirler. Hiyerarşinin üst katmanlarının amacı, alt katmanların amaçları için çalışmaktır.

Sistem Sürprizlerinin Kaynakları

- Sistemlerdeki pek çok ilişki doğrusal değildir.
- Ayrı sistemler yoktur. Dünya bir sürekliliktir. Bir sistemin çevresine nereden sınır çizileceği tartışmanın amacına bağlıdır.
- Herhangi bir zamanda bir sistem için en önemli girdi, onu en çok sınırlayandır.
- Birden çok girdi ve çıktısı olan her fiziksel varlık sınırlayıcı katmanlar ile çevrilidir.
- Büyümenin her zaman sınırları olacaktır.
- Bir sınıra doğru üstel büyüyen bir nicelik, o sınıra şaşırtıcı derecede kısa sürede ulaşır.
- Geri besleme döngülerinde uzun gecikmeler olduğunda bir tür önsezi gereklidir.
- Bir sistemdeki her oyuncunun sınırlandırılmış akılcılığı, sistemin bütününün refahını artıracak kararlara yol açmayabilir.

Düşünce Yapıları ve Modeller

- Dünya ile ilgili bildiğimizi düşündüğümüz her şey bir modeldir.
- Modellerimizin dünya ile güçlü bir eşleşimi vardır.
- Modellerimiz gerçek dünyayı bütünüyle betimlemekte yetersiz kalır.

Sistem Tuzaklarını Atlatmak

Politika Direnci

Tuzak: Çeşitli aktörler bir sistem stokunu değişik hedeflere doğru çekmeye çalıştığında, sonuç politika direnci olabilir. Her yeni politika, özellikle etkili olduğunda, stoku yalnızca diğer aktörlerin hedeflerinden daha uzağa çeker, bir ek direnç üretir ve kimsenin istemediği ancak herkesin korumak için büyük çaba sarf ettiği bir durumla sonuçlanır.

Çıkış Yolu: Oluruna bırakın. Tüm aktörleri bir araya getirin ve daha önce direnç için harcanan enerjiyi, tüm hedeflerin gerçekleştirilmesi için karşılıklı olarak tatmin edici yollar bulmak ya da herkesin birlikte yönelebileceği daha büyük ve daha önemli hedeflerin yeniden tanımlanması için kullanın.

Ortak Kaynakların (Malların) Trajedisi

Tuzak: Ortak kullanılan bir kaynak olduğunda, her kullanıcı kullanımından doğrudan fayda sağlar ancak kötüye kullanımın maliyetini herkesle paylaşır. Bu nedenle kaynağın durumundan kaynak kullanıcılarının kararlarına ulaşan çok zayıf bir geri besleme vardır. Sonuç, kaynağın aşırı kullanımıdır ve onu kimse tarafından kullanılamaz hale gelene kadar aşındırır ve tüketir.

Çıkış Yolu: Kullanıcıları kaynağı kötüye kullanmanın sonuçlarını anlayabilmeleri için eğitin ve yüreklendirin. Ayrıca eksik geri besleme bağlantısını tamir edin veya güçlendirin. Kaynağı özelleştirerek, her bir kullanıcının kötüye kullanımın sonuçlarını doğrudan hissetmesini sağlayın veya pek çok kaynak özelleştirilemeyeceği için bunu tüm kullanıcıların kaynağa erişimini düzenleyerek yapın.

Düşük Performansa Sürüklenme

Tuzak: Performans standartlarının geçmiş performanstan etkilenmesine izin vermek, özellikle de geçmiş performansı algılamada bir olumsuzluk yanılgısı varsa aşınan hedeflerden oluşan pekiştirici bir geri besleme döngüsü oluşturur. Ve bu döngü, sistemi düşük performansa doğru sürükler.

Çıkış Yolu: Performans standartlarınızı hiçbir koşulda değiştirmeyin. Daha da iyisi, en kötü performansların standartları aşağı çekmesine değil en iyi gerçek performansların standartları geliştirmesine olanak sağlayın. Aynı sistem yapısını, yüksek performansa doğru bir sürüklenme oluşturmak için kullanın!

Tırmandırma

Tuzak: Bir stokun düzeyi, başka bir stokun düzeyini geçmeye kararlı ise (ve tam tersi) sistemi; silahlanma yarışına, servet yarışına, karalama kampanyasına, artan gürültüye, artan şiddete taşıyan bir pekiştirici geri besleme döngüsü vardır. Tırmandırma üsteldir ve şaşırtıcı derecede hızlı bir şekilde aşırılıklara yol açabilir. Hiçbir şey yapılmazsa sarmal, birisinin çöküşüyle durur – çünkü üstel büyüme sonsuza kadar devam edemez.

Çıkış Yolu: Bu tuzaktan kurtulmanın en iyi yolu, ona yakalanmaktan kaçınmaktır. Bir tırmandırma sistemine yakalanan kişi, eğer rekabet etmeyi reddedebilirse (tek taraflı silahsızlanma) böylece pekiştirici geri besleme döngüsü kırılabilir. Veya tırmandırmayı kontrol etmek için dengeleyici geri besleme döngüleri içeren yeni bir sistem üzerinde pazarlık yapılabilir.

Başardıkça Gelen Başarı

Tuzak: Eğer bir yarışmanın galipleri sistematik olarak yeniden kazanmalarını sağlayacak şekilde ödüllendiriliyorlarsa bir pekiştirici döngü oluşur. Bu pekiştirici döngü, herhangi bir engelleme olmaksızın devam etmesine izin verildiğinde, kaybedenler elenirken kazananların sonunda her şeye sahip olmasını sağlar.

Çıkış Yolu: Kaybedenlerin oyundan çıkıp başka bir oyuna başlamasını sağlayacak farklılaşma, herhangi bir galibin pastadan alabileceği paya getirilecek katı kısıtlamalar (tekelleşme karşıtı yasalar), en kuvvetli oyuncuların bazı avantajlarını ortadan kaldırarak veya en zayıfın avantajını güçlendirerek herkes için fırsat eşitliği sağlamak, başarıya verilecek ödülün yarışmanın bir sonraki turunu yönlendirmesini engelleyecek düzenlemeler.

Yükü Müdahale Edene Kaydırma

Tuzak: Yükü kaydırma, bağlılık ve bağımlılık, sistemik bir soruna yönelik çözümün bulguları hafiflettiği (ya da maskelendiği) ama altta yatan sorunu çözecek hiçbir şey yapmadığı durumlarda oluşur. Seçilen ilaç, ister kişinin algısını körelten bir madde ister altta yatan sorunu gizleyen bir politika olsun, gerçek sorunu çözecek eylemleri engeller.

Eğer sorunu düzeltmek için tasarlanmış müdahale, asıl sistemin varlığını koruma kapasitesinin körelmesine veya aşınmasına sebep olursa yıkıcı pekiştirici bir döngü harekete geçer. Sistemin durumu kötüye gider, gitgide daha çok çözüm gereksinimi doğar. Sistem müdahaleye gitgide daha çok bağımlı hale gelir ve istenen durumunu sürdürme becerisi gitgide azalır.

Çıkış Yolu: Tekrar etmek gerekirse bu tuzaktan en iyi çıkış yolu, tuzağa girmekten kaçınmaktır. Bulguları hafifleten ya da işaretleri yadsıyan, gerçekten sorunun üzerine eğilmeyen politikalardan veya uygulamalardan sakının. Odağı kısa erimli rahatlatmalardan uzun erimli yeniden yapılandırmaya çevirin.

Eğer siz müdahale edenseniz sistemin kendi sorunlarını kendi çözme becerisini kazanacak ya da iyileştirecek şekilde çalışın ve ardından kendinizi çekin.

Eğer siz dayanılmaz bağımlılığa sahip olan kişi iseniz müdahaleyi ortadan kaldırmadan önce, sisteminizin kendine ait destekleyici becerilerini geliştirin. Bunu bir an önce yapın. Ne kadar uzun beklerseniz bırakma süreci o kadar zor olacaktır.

Kural Çarpıtma

Tuzak: Bir sistemi yönetmeye yönelik kurallar, kural çarpıtmaya neden olabilir (kurallara uyuyor veya hedeflere ulaşıyor görünümü veren ama aslında sisteme hasar veren sapkın davranış).

Çıkış Yolu: Kuralları, yaratıcılığı kuralları çarpıtma yönünde değil, kuralların amacına ulaşması yönünde ortaya çıkaracak şekilde tasarlayın ya da güncelleyin.

Yanlış Hedefi Kovalamak

Tuzak: Sistem davranışı geri besleme döngülerinin hedeflerine özellikle duyarlıdır. Eğer hedefler (kurallara uyumun göstergeleri) yanlış veya eksik olarak belirlenirse, sistem itaatkar şekilde esasen amaçlanmamış ve istenmeyen bir sonucu üretmek üzere çalışacaktır.

Çıkış Yolu: Sistemin gerçek refah düzeyini yansıtan gösterge ve hedefleri belirleyin. Çaba ile sonucu birbiriyle karıştırmamaya özellikle özen gösterin, yoksa sonuç değil çaba üreten bir sistem elde edersiniz.

Bir Sistemin Müdahale Yerleri (artan etkililik sırasına göre)

12. **Sayılar:** Destekler, vergiler, standartlar gibi sabitler ve parametreler
11. **Tamponlar:** Stabilize eden stokların akışlarına göre büyüklükleri
10. **Stok-ve-akış yapıları:** Fiziksel sistemler ve onların kesişim noktaları
9. **Gecikmeler:** Geçen sürenin sistem değişim hızlarına göre uzunluğu
8. **Dengeleyici geri besleme döngüleri:** Düzeltmeye çalıştıkları etkilere göre geri beslemelerin gücü

7. **Pekiştirici geri besleme döngüleri:** Çalışan döngülerin artan gücü
6. **Bilgi akışları:** Bilgiye kimin ulaşıp kimin ulaşamayacağının yapısı
5. **Kurallar:** Teşvikler, cezalar, kısıtlar
4. **Öz düzenleme:** Sistem yapısında ekleme, değişiklik veya geliştirme yapma gücü
3. **Hedefler:** Sistemin amacı veya işlevi
2. **Paradigmalar:** Hedefleri, yapısı, kuralları, gecikmeleri, değişkenleri ile sistemin içinden çıktığı düşünce yapısı
1. **Paradigmaların Ötesi**

Sistemler Dünyasında Yaşamak İçin Kılavuz İlkeler

1. Sistemin Nabzını Tutun.
2. Zihinsel Modellerinizi Gün Yüzüne Çıkarın.
3. Bilgiye Değer Verin, Saygı Gösterin ve Bilgiyi Paylaşın.
4. Dili Özenli Kullanın ve Sistem Kavramlarıyla Zenginleştirin.
5. Dikkatinizi Önemli Olana Verin, Ölçülebilir Olana Değil.
6. Geri Besleme Sistemleri İçin Geri Besleme Politikaları Oluşturun.
7. Bütünün İyiliği İçin Çabalayın.
8. Sistemin Bilgeliğini Dinleyin.
9. Sistemde Sorumluluğun Nerede Olduğunu Belirleyin.
10. Alçakgönüllü Olun - Öğrenci Kalın.
11. Karmaşıklığı Kutsayın.
12. Zaman Ufkunu Genişletin.
13. Disiplinlere Meydan Okuyun.
14. Özen Sınırlarınızı Genişletin.
15. İyiliğin Aşınmasına İzin Vermeyin.

Model Denklemleri

Sistemler ile ilgili bilgisayar kullanmadan öğrenilecek çok şey var. Ancak çok basit sistemlerin bile davranışını keşfetmeye başladığınızda, kendi sayısal sistem modellerinizi kurma konusunda kendinizi daha çok öğrenmek isterken bulabilir-

siniz. Bu kitaptaki modeller 'isee systems' (önceki adı High Performance Systems) firmasının geliştirdiği *STELLA* modelleme yazılımı ile özgün olarak geliştirilmiştir. Bu bölümdeki denklemler, isee systems'ın *STELLA* ve *iThink* yazılımları yanı sıra Ventana Systems'ın *Vensim* yazılımı gibi çeşitli modelleme yazılımlarına kolayca aktarılabilmesi amacı ile sunulmuştur.

Aşağıdaki model denklemleri Bölüm 1 ve 2'de tartışılan dokuz dinamik modelde kullanılmıştır. "Dönüştürücüler" sabit veya sistem modelindeki diğer ögeleri temel alan hesaplamalar olabilirler. Zaman (t) olarak kısaltılmıştır ve bir hesaplamadan sonrakine zaman boyunca değişim, yani zaman aralığı, (dt) olarak gösterilmiştir.

Bölüm Bir

Küvet - Şekil 5, 6 ve 7 için

Stok: *küvetteki su(t) = küvetteki su(t-dt) + (giriş akışı - çıkış akışı) x dt*

Başlangıç stok değeri: *küvetteki su = 50 metreküp*

t = dakika

dt = 1 dakika

Çalışma süresi = 10 dakika

Giriş akışı: *giriş akışı* = 0'dan 5'inci dakikaya kadar ... 0 metreküp/dakika; 6'dan 10'uncu dakikaya kadar ... 5 metreküp/dakika

Çıkış akışı: *çıkış akışı* = 5 metreküp/dakika

Soğuyan veya Isınan Kahve Fincanı - Şekil 10 ve 11 için

Soğuma

Stok: *kahve sıcaklığı(t) = kahve sıcaklığı(t-dt) - (soğuma x dt)*

Başlangıç stok değeri: *kahve sıcaklığı* = modeli 3 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için ... 100 °C, 80 °C ve 60 °C

t = dakika

dt = 1 dakika

Çalışma süresi = 8 dakika

Çıkış akışı: *soğuma* = *fark* x %10

Dönüştürücüler:

fark = kahve sıcaklığı - oda sıcaklığı

oda sıcaklığı = 18 °C

Isınma

Stok: *kahve sıcaklığı(t) = kahve sıcaklığı(t-dt) + (ısınma x dt)*

Başlangıç stok değeri: *kahve sıcaklığı* = modeli 3 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için … 0 °C, 5 °C ve 10 °C

t = dakika

dt = 1 dakika

Çalışma süresi = 8 dakika

Giriş akışı: *ısınma = fark x %10*

Dönüştürücüler:

fark = oda sıcaklığı - kahve sıcaklığı

oda sıcaklığı = 18 °C

Banka Hesabı - Şekil 12 ve 13 için

Stok: *banka hesabındaki para(t) = banka hesabındaki para(t-dt) + (eklenen faiz x dt)*

Başlangıç stok değeri: *banka hesabındaki para* = 100 $

t = yıl

dt = 1 yıl

Çalışma süresi = 12 yıl

Giriş akışı: *eklenen faiz ($/yıl) = banka hesabındaki para x faiz oranı*

Dönüştürücü: *faiz oranı* = modeli 5 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için … %2, %4, %6, %8 ve %10

Bölüm İki

Termostat - Şekil 14-20

Stok: *oda sıcaklığı(t) = oda sıcaklığı(t-dt) + (ocaktan gelen ısı - dışarıya giden ısı) x dt*

Başlangıç stok değeri: *oda sıcaklığı* = soğuk odanın ısınması için 10 °C; sıcak odanın soğuması için 18 °C

t = saat

dt = 1 saat

Çalışma süresi = 8 saat ve 24 saat

Giriş akışı: *ocaktan gelen ısı = istenen ve gerçek oda sıcaklıkları arasındaki fark* ile 5 arasında küçük olan

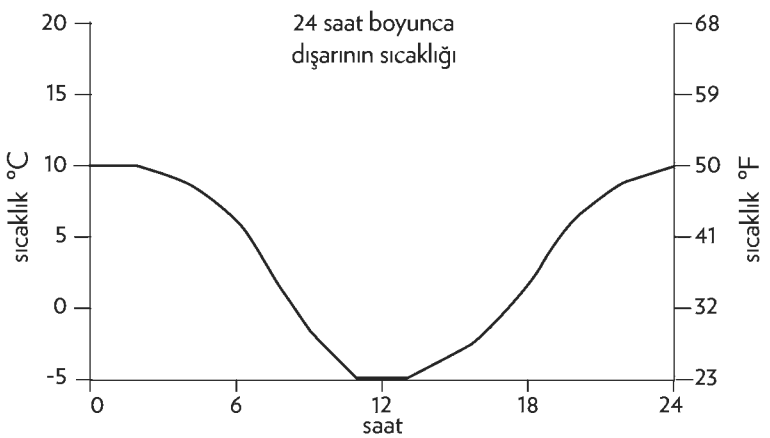
Çıkış akışı: *dışarıya giden ısı* = "normal bir ev için ... *içerisi ile dışarısı arasındaki sıcaklık farkı* x %10; çok ısı kaybı olan bir ev için ... *içerisi ile dışarısı arasındaki sıcaklık farkı* x %30

Dönüştürücüler: *termostat ayarı* = 18 °C

istenen ve gerçek oda sıcaklıkları arasındaki fark = (termostat ayarı - oda sıcaklığı) ile 0 arasında büyük olan

içerisi ile dışarısı arasındaki sıcaklık farkı = oda sıcaklığı - 10 °C ... sabit dış sıcaklık için (Şekil 16-18); *oda sıcaklığı - 24 saat dış sıcaklık* ... tam bir gündüz-gece döngüsü için (Şekil 19 ve 20)

24 saat dış sıcaklık, grafikte görüldüğü gibi, gün boyunca 10 °C (50 °F)'tan, gece 5 °C (23 °F)'a kadar değişir.



Nüfus - Şekil 21-26

Stok: *nüfus(t) = nüfus(t-dt) + (doğumlar - ölümler) x dt*

Başlangıç stok değeri: *nüfus* = 6,6 milyar kişi

t = yıl

dt = 1 yıl

Çalışma süresi = 100 yıl

Giriş akışı: *doğumlar = nüfus x doğum oranı*

Çıkış akışı: *ölümler = nüfus x ölüm oranı*

Dönüştürücüler:

Şekil 22:

ölüm oranı = 0,009 … veya her 1000 kişide 9 ölüm

doğum oranı = 0,021 … veya her 1000 kişide 21 doğum

Şekil 23:

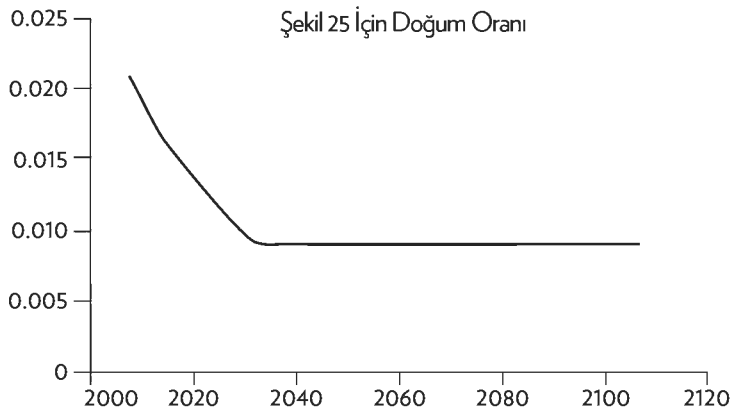
ölüm oranı = 0,030

doğum oranı = 0,021

Şekil 24:

ölüm oranı = 0,009

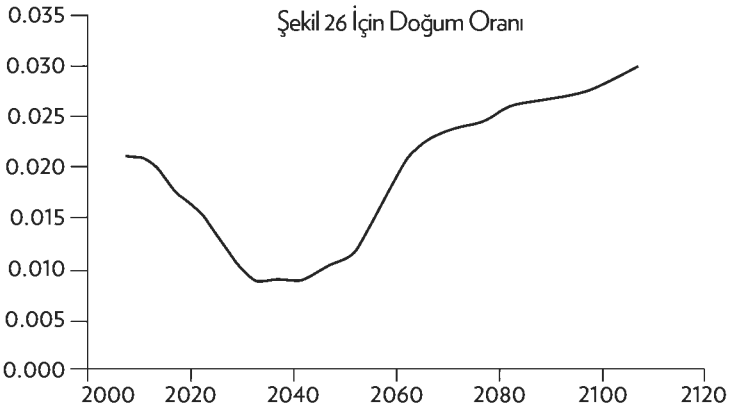
doğum oranı, grafikte görüldüğü gibi, 0,021 ile başlıyor ve sonra zaman boyunca 0,009'a düşüyor



Şekil 26:

ölüm oranı = 0,009

doğum oranı, grafikte görüldüğü gibi, 0,021 ile başlıyor, 0,009'a düşüyor ancak sonra 0,030'a çıkıyor.



Fiziksel Sermaye Stoku - Şekil 27-28

Stok: *fiziksel sermaye stoku(t) = fiziksel sermaye stoku(t-dt) + (yatırım - yıpranma) x dt*

Başlangıç stok değeri: *fiziksel sermaye stoku* = 100

t = yıl

dt = 1 yıl

Çalışma süresi = 50 yıl

Giriş akışı: *yatırım = yıllık çıktı x yatırım oranı*

Çıkış akışı: *yıpranma = fiziksel sermaye stoku / sermaye ömrü*

Dönüştürücüler: *yıllık çıktı = fiziksel sermaye stoku x sermaye verimliliği (sermaye başına çıktı)*

sermaye ömrü = modeli 3 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için … 10 yıl, 15 yıl, 20 yıl

yatırım oranı = %20

üretim verimliliği (sermaye başına çıktı) = 1/3

İşletme Envanteri - Şekil 29-36

Stok: *bayi araba envanteri(t) = bayi araba envanteri(t-dt) + (teslimat - satış) x dt*

Başlangıç stok değeri: *bayi araba envanteri* = 200 araç

t = yıl

dt = 1 gün

Çalışma süresi = 100 gün

Giriş akışı: *teslimat* = 0'dan 5'inci güne kadar ... 20; 6'dan 100'üncü güne kadar ... *fabrikaya siparişler(t - teslimat gecikmesi)*

Çıkış akışı: *satışlar = bayi araba envanteri* ile *müşteri talebi* arasında küçük olan

Dönüştürücüler: *müşteri talebi* = 0 0'dan 25'inci güne kadar ... günde 20 araba; 26'ıncı günden 100'üncü güne kadar ... günde 22 araba

algılanan satışlar = algılama gecikmesi boyunca ortalaması alınan *satışlar* (yani, *algılama gecikmesi* boyunca düzeltilmiş *satışlar*)

istenen envanter = algılanan satışlar x 10

fark = istenen envanter - bayi araba envanteri

fabrikaya siparişler = Şekil 32 için ... *(algılanan satışlar + fark)* ile 0 arasında büyük olan; Şekil 34-36 için ... *(algılanan satışlar + fark / yanıt gecikmesi)* ile 0 arasında büyük olan

Gecikmeler, Şekil 30:

algı gecikmesi = 0 gün

yanıt gecikmesi = 0 gün

teslimat gecikmesi = 0 gün

Gecikmeler, Şekil 32:

algı gecikmesi = 5 gün

yanıt gecikmesi = 3 gün

teslimat gecikmesi = 5 gün

Gecikmeler, Şekil 34:

algı gecikmesi = 2 gün

yanıt gecikmesi = 3 gün

teslimat gecikmesi = 5 gün

Gecikmeler, Şekil 35:

algı gecikmesi = 5 gün

yanıt gecikmesi = 2 gün

teslimat gecikmesi = 5 gün

Gecikmeler, Şekil 36:

algı gecikmesi = 5 gün

yanıt gecikmesi = 6 gün

teslimat gecikmesi = 5 gün

Yenilenemez Bir Stok Tarafından Kısıtlanan Yenilenebilir Bir Stok - Şekil 37-41 için

Stok: *kaynak(t) = kaynak(t-dt) - (çıkarma x dt)*

Başlangıç stok değeri: kaynak = Şekil 38, 40 ve 41 için … 1000; Şekil 39'da modeli 3 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için … 1000, 2000 ve 4000

Çıkış akışı: *çıkarma = fiziksel sermaye x sermaye başına getiri*

t = yıl

dt = 1 yıl

Çalışma süresi = 100 yıl

Stok: *fiziksel sermaye(t) = fiziksel sermaye(t-dt) + (yatırım - yıpranma) x dt*

Başlangıç stok değeri: *fiziksel sermaye* = 5

Giriş akışı: *yatırım* = *kâr* ile *büyüme hedefi* arasında küçük olan

Çıkış akışı: *yıpranma = fiziksel sermaye / sermaye ömrü*

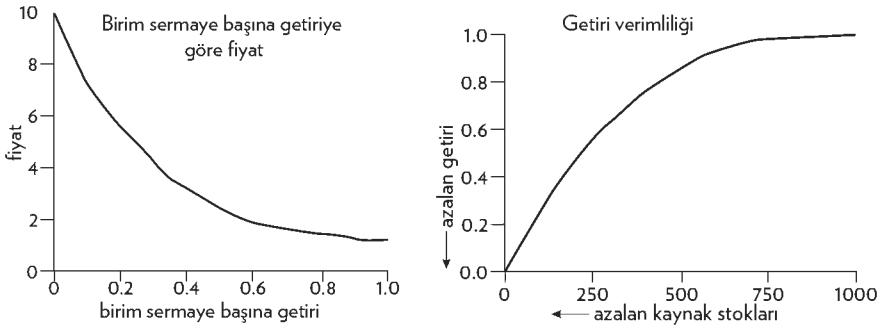
Dönüştürücüler: *sermaye ömrü* = 20 yıl

kâr = (fiyat x çıkarma) - (fiziksel sermaye x %10)

büyüme hedefi = Şekil 30-40 için … *fiziksel sermaye* x %10; Şekil 40'da modeli 4 kez çalıştırarak karşılaştırma yapmak için … *fiziksel sermaye* x %6, %8, %10 ve %12

fiyat = Şekil 38, 39 ve 40 için … 3; Şekil 41 için, grafikte görüldüğü gibi; *fiyat*, *sermaye başına getiri* yüksek olduğunda 1,2'den başlar ve *sermaye başına getiri* düştükçe 10'a kadar yükselir.

sermaye başına getiri, grafikte görüldüğü gibi, kaynak stoku yüksek olduğunda 1'den başlar ve stok azaldıkça 0'a kadar düşer.



Yenilenebilir Stokla Kısıtlanan Yenilenebilir Stok - Şekil 42-45

Stok: *kaynak(t) = kaynak(t-dt) + (yenileme - avlanma) x dt*

Başlangıç stok değeri: *kaynak* = 1000

Giriş akışı: *yenileme = kaynak x yenileme hızı*

Çıkış akışı: *avlanma = fiziksel sermaye x sermaye başına getiri*

t = yıl

dt = 1 yıl

Çalışma süresi = 100 yıl

Stok: *fiziksel sermaye(t) = fiziksel sermaye(t-dt) + (yatırım - yıpranma) x dt*

Başlangıç stok değeri: *fiziksel sermaye* = 5

Giriş akışı: yatırım = *kâr ile büyüme hedefi arasında küçük olan*

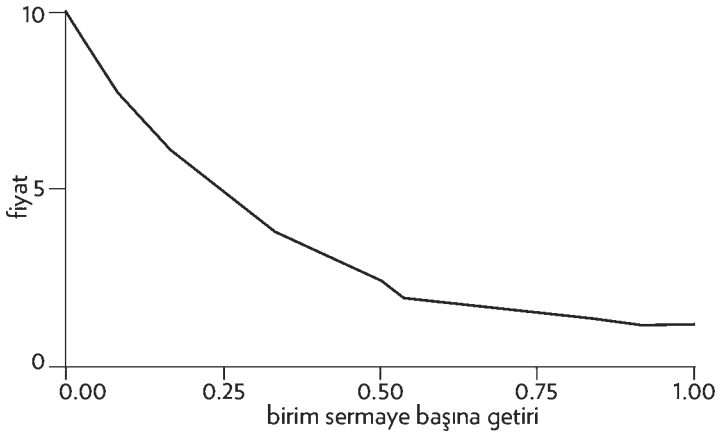
Çıkış akışı: *yıpranma = fiziksel sermaye / sermaye ömrü*

Dönüştürücü: *sermaye ömrü* = 20

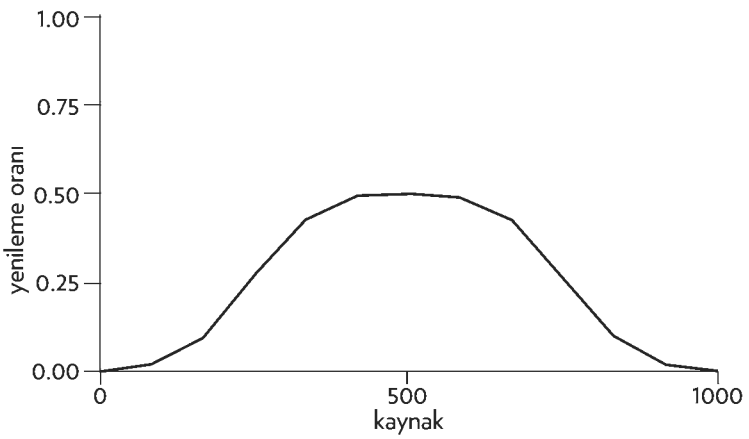
büyüme hedefi = fiziksel sermaye x 10

kâr = *(fiyat x avlanma) - fiziksel sermaye*

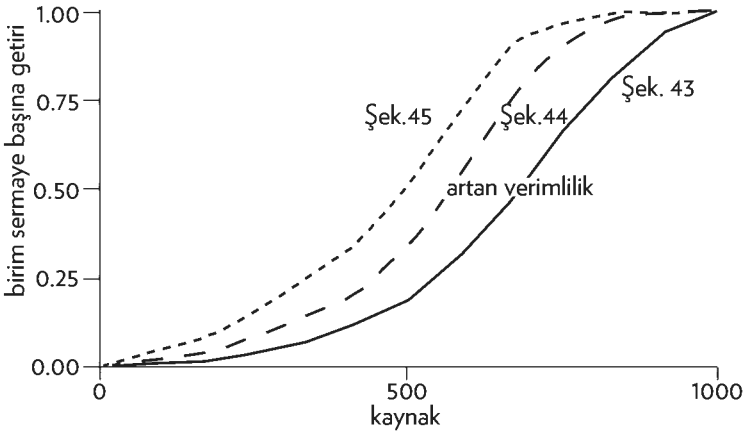
fiyat, sermaye başına getiri yüksek olduğunda 1.2'den başlar ve *sermaye başına getiri* düştüğünde 10'a kadar yükselir. Bu, önceki modelde, fiyat ve getiri arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin aynısıdır.



yenileme oranı kaynak bütünüyle dolu veya bütünüyle boş olduğunda 0'dır. Kaynak aralığının ortasında yenileme 0.5 dolaylarında doruk yapar.



sermaye başına getiri, kaynak bütünüyle dolu olduğunda 1'den başlar ancak kaynak stok azaldığında (doğrusal olmayarak) düşer. Sermaye başına getiri; Şekil 43'te en az verimli, Şekil 44'te biraz daha verimli, Şekil 45'te en çok verimli olacak biçimde, genel olarak artar.


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
birim sermaye başına getiri
Şek.45
Şek.44
Şek. 43
artan verimlilik
0
500
1000
kaynak

4. Bir örnek için Donella Meadows, Jørgen Randers ve Dennis Meadows, Limits to Growth: The 30-Year Update (White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co., 2004) içinde Bölüm 2'ye bakın.
5. Jay W. Forrester, 1989. "The System Dynamics National Model: Macrobehavior from Microstructure," P.M. Milling ve E.O.K. Zahn, (Ed), Computer-Based Management of Complex Systems: International System Dynamics Conference (Berlin: Springer-Verlag, 1989).

Bölüm 3

1. Aldo Leopold, Round River (New York: Oxford University Press, 1993).
2. C. S. Holling, ed., Adaptive Environmental Assessment and Management, (Chichester UK: John Wiley & Sons, 1978), 34.
3. Ludwig von Bertalanffy, Problems of Life: An Evaluation of Modern Biological Thought (New York: John Wiley & Sons Inc., 1952), 105.
4. Jonathan Swift, "Poetry, a Rhapsody, 1733." In The Poetical Works of Jonathan Swift (Boston: Little Brown & Co.,1959).
5. Herbert Simon, The Sciences of the Artificial (Cambridge MA: MIT Press, 1969), 90-91 ve 98-99'dan açımlanmıştır.

Bölüm Dört

1. Wendell Berry, Standing by Words (Washington, DC: Shoemaker & Hoard, 2005), 65.
2. Kenneth Boulding, "General Systems as a Point of View," in Mihajlo D. Mesarovic, ed., Views on General Systems Theory, proceedings of the Second Systems Symposium, Case Institute of Technology, Cleveland, April 1963 (New York: John Wiley & Sons, 1964).
3. James Gleick, Chaos: Making a New Science (New York: Viking, 1987), 23-24.
4. Bu öykü aşağıdaki kaynaklardan derlenmiştir: C. S. Holling, "The Curious Behavior of Complex Systems: Lessons from Ecology," in H. A. Linstone, Future Research (Reading, MA: Addison-Wesley, 1977); B. A. Montgomery ve diğerleri., The Spruce Budworm Handbook, Michigan Cooperative Forest Pest Management Program, Handbook 82-7, November, 1982; The Research News, University of Michigan, April- June, 1984; Kari Lie, "The Spruce Budworm Controversy in New Brunswick and Nova Scotia," Alternatives 10, no. 10 (Spring 1980), 5; R. F. Morris, "The Dynamics of Epidemic Spruce Budworm Populations," Entomological Society of Canada, no. 31, (1963).

5. Garrett Hardin, "The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society," Perspectives in Biology and Medicine 7, no. 1 (1963): 58-84.
6. Jay W. Forrester, Urban Dynamics (Cambridge, MA: The MIT Press, 1969), 117.
7. Václav Havel, Institute of France'deki bir konuşmadan, aktaran the International Herald Tribune, November 13, 1992, s. 7.
8. Dennis L. Meadows, Dynamics of Commodity Production Cycles, (Cambridge MA: Wright-Allen Press, Inc., 1970).
9. Adam Smith, An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, Edwin Cannan, ed., (Chicago: University of Chicago Press, 1976), 477-8.
10. Herman Daly, ed., Toward a Steady-State Economy (San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1973), 17; Herbert Simon, "Theories of Bounded Rationality," in R. Radner and C. B. McGuire, eds., Decision and Organization (Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 1972).
11. "Yetinmeci davranış" terimi (ç.n. İngilizce "satisfy" ve "suffice" sözcüklerinin birleştirilmesi ile türetilmiş "satisficing" terimi) ilk kez Herbert Simon tarafından, eksik bilgi durumunda çıktıları en çoklama yerine gereksinimleri yeteri kadar karşılayan karar verme davranışını tanımlamak için kullanılmıştır. H. Simon, Models of Man, (New York: Wiley, 1957).
12. Philip G. Zimbardo, "On the Ethics of Intervention in Human Psychological Research: With Special Reference to the Stanford Prison Experiment," Cognition 2, no. 2 (1973): 243-56)
13. Bu öykü bana 1973 yılında Danimarka'da Kollekolle Oteli'nde yapılan bir konferansta anlatıldı.

Bölüm Beş

1. Barry James, "Voltaire's Legacy: The Cult of the Systems Man," International Herald Tribune, December 16, 1992, s. 24'te yayımlanan görüşme yazısından açımlanmıştır.
2. John H. Cushman, Jr., "From Clinton, a Flyer on Corporate Jets?" International Herald Tribune, December 15, 1992, s. 11.
3. World Bank, World Development Report 1984 (New York: Oxford University Press, 1984), 157; Petre Muresan ve Ioan M. Copil, "Romania," in B. Berelson, ed., Population Policy in Developed Countries (New York: McGraw-Hill Book Company, 1974), 355-84.

4. Alva Myrdal, Nation and Family (Cambridge, MA: MIT Press, 1968). İlk baskı New York: Harper & Brothers, 1941.
5. "Germans Lose Ground on Asylum Pact," International Herald Tribune, December 15, 1992, s. 5.
6. Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons," Science 162, no. 3859 (13 December 1968): 1243-48.
7. Erik Ipsen, "Britain on the Skids: A Malaise at the Top," International Herald Tribune, December 15, 1992, s. 1.
8. Clyde Haberman, "Israeli Soldier Kidnapped by Islamic Extremists," International Herald Tribune, December 14, 1992, s. 1.
9. Sylvia Nasar, "Clinton Tax Plan Meets Math," International Herald Tribune, December 14, 1992, s. 15.
10. Jonathan Kozol, Savage Inequalities: Children in America's Schools (New York: Crown Publishers, 1991)'e bakın.
11. Aktaran Thomas L. Friedman, "Bill Clinton Live: Not Just a Talk Show," International Herald Tribune, December 16, 1992, s. 6.
12. Keith B. Richburg, "Addiction, Somali-Style, Worries Marines," International Herald Tribune, December 15, 1992, s. 2.
13. Calvin and Hobbes resimli komik öykü, International Herald Tribune, December 18, 1992, s. 22.
14. Wouter Tims, "Food, Agriculture, and Systems Analysis," Options, International Institute of Applied Systems Analysis Laxenburg, Austria no. 2 (1984), 16.
15. "Tokyo Cuts Outlook on Growth to 1.6%," International Herald Tribune, December 19-20, 1992, s. 11.
16. Robert F. Kennedy'nin konuşması, University of Kansas, Lawrence, Kansas, March 18, 1968. JFK Library On-Line'dan ulaşılabilir, http://www.jfklibrary.org/Historical+Resources/Archives/Reference+Desk/Speeches/RFK/ RFKSpeech68Mar18UKansas.htm. Erişim tarihi 6/11/08.
17. Wendell Berry, Home Economics (San Francisco: North Point Press, 1987), 133.

Bölüm Altı

1. Lawrence Malkin, "IBM Slashes Spending for Research in New Cutback," International Herald Tribune, December 16, 1992, s. 1.

2. J. W. Forrester, World Dynamics (Cambridge MA: Wright-Allen Press, 1971).
3. Forrester, Urban Dynamics (Cambridge, MA: The MIT Press, 1969), 65.
4. Şili, Santiago'dan David Holmstrom'a teşekkürler.
5. Bir örnek için Dennis Meadows'un emtia fiyat dalgalanmaları modeline bakın: Dennis L. Meadows, Dynamics of Commodity Production Cycles (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, Inc., 1970).
6. John Kenneth Galbraith, The New Industrial State (Boston: Houghton Mifflin, 1967).
7. Ralph Waldo Emerson, "War," Boston, March, 1838'de yapılan ders. Emerson's Complete Works, vol. XI, (Boston: Houghton, Mifflin & Co., 1887), 177'de yeniden baskı.
8. Thomas Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions (Chicago: University of Chicago Press, 1962).

Bölüm Yedi

1. G.K. Chesterton, Orthodoxy (New York: Dodd, Mead and Co., 1927).
2. Sistem düşüncesi ve diğer insan niteliklerinin kurumsal yönetim bağlamında nasıl birleştirilebileceği ile ilgili güzel bir örnek için Peter Senge'nin The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization (New York: Doubleday, 1990) kitabına bakın.
3. Philip Abelson, "Major Changes in the Chemical Industry," Science 255, no. 5051 (20 March 1992), 1489.
4. Fred Kofman, "Double-Loop Accounting: A Language for the Learning Organization," The Systems Thinker 3, no. 1 (February 1992).
5. Wendell Berry, Standing by Words (San Francisco: North Point Press, 1983), 24, 52.
6. Bu öykü bana Pugh-Roberts Associates'den Ed Roberts tarafından anlatıldı.
7. Garrett Hardin, Exploring New Ethics for Survival: the Voyage of the Spaceship Beagle (New York, Penguin Books, 1976), 107.
8. Donald N. Michael, "Competences and Compassion in an Age of Uncertainty," World Future Society Bulletin (January/February 1983).
9. Donald N. Michael, aktaran H. A. Linstone ve W. H. C. Simmonds (Ed.), Futures Research (Reading, MA: Addison-Wesley, 1977), 98-99.

10. Aldo Leopold, A Sand County Almanac and Sketches Here and There (New York: Oxford University Press, 1968), 224-25.
11. Kenneth Boulding, "The Economics of the Coming Spaceship Earth," in H. Jarrett, ed., Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth Resources for the Future Forum (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1966), 11-12.
12. Joseph Wood Krutch, Human Nature and the Human Condition (New York: Random House, 1959).

Sistem Düşüncesi ve İşletme

Senge, Peter. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. (New York: Doubleday, 1990). Bir işletme ortamında sistem düşüncesi ve ayrıca sistem düşüncesinden doğan ve onu tamamlayan, zihinsel model esnekliği veya vizyon oluşturma gibi, daha geniş felsefi araçlar.

Sherwood, Dennis. Seeing the Forest for the Trees: A Manager's Guide to Applying Systems Thinking. (London: Nicholas Brealey Publishing, 2002).

Sterman, John D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. (Boston: Irwin McGraw Hill, 2000).

Sistem Düşüncesi ve Çevre

Ford, Andrew. Modeling the Environment. (Washington, DC: Island Press, 1999.)

Sistem Düşüncesi, Toplum ve Toplumsal Değişim

Macy, Joanna. Mutual Causality in Buddhism and General Systems Theory. (Albany, NY: Stat University of New York Press, 1991).

Meadows, Donella H. The Global Citizen. (Washington, DC: Island Press, 1991).